

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06123873 A**(43) Date of publication of application: **06.05.94**

(51) Int. Cl.

**G02F 1/133****G02F 1/133****G02F 1/136****G09G 3/36**(21) Application number: **03157508**(22) Date of filing: **31.05.91**(71) Applicant: **SEMICONDUCTOR ENERGY LAB  
CO LTD**(72) Inventor: **YAMAZAKI SHUNPEI  
MASE AKIRA  
HIROKI MASAOKI  
TAKEMURA YASUHIKO**(54) **IMAGE DISPLAY METHOD OF ELECTRO-OPTIC  
DEVICE**

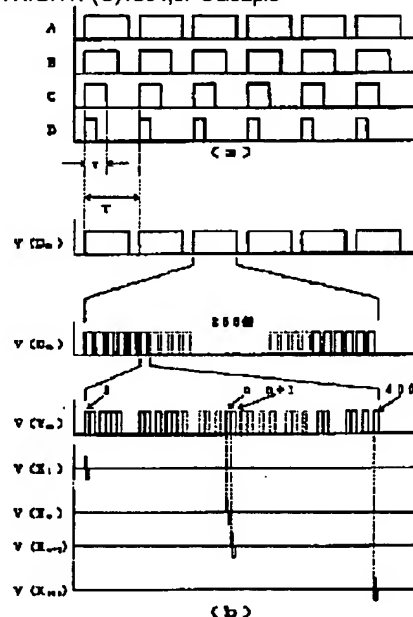
## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a precise gradational display with suppressed influence of variance among elements by controlling the width of pulses when the pulses are applied to a liquid crystal material at such a period that the liquid crystal material does not respond.

**CONSTITUTION:** When twisted nematic liquid crystal is used, for example, when the period of pulses is set to 1msec in a figure (a), a gradational display which is the brightest with A and brighter in the order of B, C, and D is displayed. The concrete principle is not known in detail yet. When, however, the pulses are applied to the liquid crystal material at the period in which the liquid crystal material does not respond, the width of the pulses is controlled to obtain intermediate density under digital control. The period of the pulses for obtaining the intermediate density like this is  $\leq 10\text{msec}$  in case of the twisted nematic liquid crystal. This control can be performed by connecting the output terminal of a deformed transfer circuit in which an N type and a P type thin film transistor act complementarily to a

liquid crystal pixel electrode.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&amp;Japio



(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-123873

(43)公開日 平成6年(1994)5月6日

(51)IntCl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/133	5 5 0	9226-2K		
	5 7 5	9226-2K		
1/136	5 0 0	9018-2K		
G 0 9 G 3/36		7319-5G		

審査請求 未請求 請求項の数3(全 23 頁)

(21)出願番号 特願平3-157506

(22)出願日 平成3年(1991)5月31日

(71)出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72)発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

(72)発明者 間瀬 晃

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

(72)発明者 廣木 正明

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

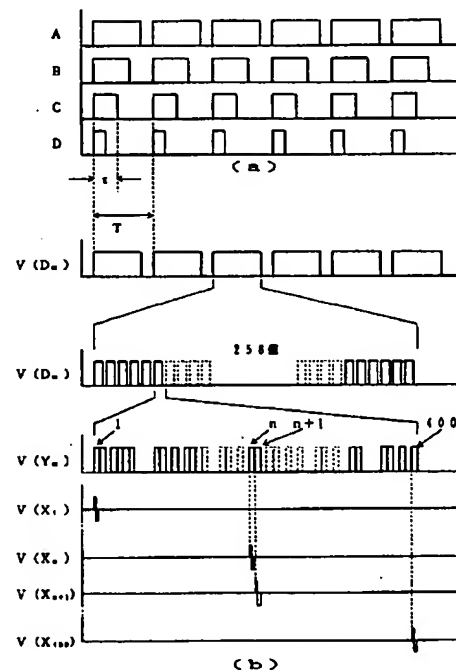
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電気光学装置の画像表示方法

(57)【要約】

【目的】 電気光学装置の階調表示に関して、精密で素子間のばらつきによる影響の少ない階調表示方式を提供する。

【構成】 アクティブマトリクス型電気光学装置において、個々の画素を駆動する素子として、いわゆるトランスファー・ゲート型の相補型電界効果型素子を用い、その入出力端の一方を画素電極に接続した構成において、その制御電極に周期的にバイポーラパルスを印加し、出入力端の他端に電圧を印加し、あるいは電圧を切りながら、画素に電圧のかかる時間を任意に制御することによって視覚的な階調表示を得る表示方式。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に、N本の信号線 $X_1, X_2, \dots, X_n, \dots, X_N$ と、それに直交するM本の信号線 $Y_1, Y_2, \dots, Y_m, \dots, Y_M$ とによってマトリクス状に形成された配線と、各マトリクスの交差点領域には、Nチャネル型薄膜トランジスタとPチャネル型薄膜トランジスタとによって形成されたそれぞれ少なくとも1つのトランスファー・ゲイト素子と、各信号線の交差点領域に設けられた画素 $Z_{11}, Z_{12}, \dots, Z_{n1}, \dots, Z_{nM}, \dots, Z_{M1}, \dots, Z_{MM}$ とを有し、各トランスファー・ゲイト素子の出力端子は各画素を構成する静電装置の電極の一方に接続され、該トランスファー・ゲイト素子の制御電極は信号線 $X_1, X_2, \dots, X_n, \dots, X_N$ に、入力端子は信号線 $Y_1, Y_2, \dots, Y_m, \dots, Y_M$ に接続された電気光学装置において、時間 $T_1$ から $T_2$ においては信号線 $Y_m$ に電圧を加えるとともに、信号線 $X_n$ に時間 $(T_1 - T_2)$ よりも短く、少なくとも極性が1回反転する信号を加える過程と、時間 $T_2$ から $T_3$  ( $T_3 > T_2$ )においては、信号線 $Y_m$ に電圧を加えないで、信号線 $X_n$ に時間 $(T_2 - T_3)$ よりも短く、少なくとも極性が1回反転する信号を加える過程とを有し、よって、画素電極に短くとも時間 $T_1$ から $T_3$ まで電圧のかかった状態を実現することを特徴とする電気光学装置の画像表示方法。

【請求項2】基板上に、N本の信号線 $X_1, X_2, \dots, X_n, \dots, X_N$ と、それに直交するM本の信号線 $Y_1, Y_2, \dots, Y_m, \dots, Y_M$ とによってマトリクス状に形成された配線と、各マトリクスの交差点領域には、Nチャネル型薄膜トランジスタとPチャネル型薄膜トランジスタとによって形成されたそれぞれ少なくとも1つのトランスファー・ゲイト素子と、各信号線の交差点領域に設けられた画素 $Z_{11}, Z_{12}, \dots, Z_{n1}, \dots, Z_{nM}, \dots, Z_{M1}, \dots, Z_{MM}$ とを有し、各トランスファー・ゲイト素子の出力端子は各画素を構成する静電装置の電極の一方に接続され、該トランスファー・ゲイト素子の制御電極は信号線 $X_1, X_2, \dots, X_n, \dots, X_N$ に、入力端子は信号線 $Y_1, Y_2, \dots, Y_m, \dots, Y_M$ に接続された電気光学装置において、画素電極にパルス周期が30msec以下のパルスを加えることによって信号を表示する表示方法において、パルス幅を変化させることによって階調表示をおこなうことを特徴とする電気光学装置の画像表示方法。

【請求項3】基板上に、N本の信号線 $X_1, X_2, \dots, X_n, \dots, X_N$ と、それに直交するM本の信号線 $Y_1, Y_2, \dots, Y_m, \dots, Y_M$ とによってマトリクス状に形成された配線と、各マトリクスの交差点領域には、Nチャネル型薄膜トランジスタとPチャネル型薄膜トランジスタとによって形成されたそれぞれ少なくとも1つのトランスファー・ゲイト素子と、各信号線の交差点領域に設けられた画素 $Z_{11}, Z_{12}, \dots, Z_{n1}, \dots, Z_{nM}, \dots, Z_{M1}, \dots, Z_{MM}$ とを有し、各トランスファー・ゲイト素子の出力端子は各画素を構成する静電装置の電極の一方に接続され、該トランスファー・ゲイト素子の制御電極は信号線 $X_1, X_2, \dots, X_n, \dots, X_N$ に、入力端子は信号線 $Y_1, Y_2, \dots, Y_m, \dots, Y_M$ に接続された電気光学装置に

2

において、任意の信号線 $X_n$ には周期的に少なくとも極性が1回反転する信号を加え、前記信号が加わっている間には、任意の信号線 $Y_m$ に電圧を加った状態にすることを複数回繰り返す過程と、その後、信号線 $X_n$ には周期的に少なくとも極性が1回反転する信号を加え、前記信号が加わっている間には、信号線 $Y_m$ に電圧を加わっていない状態にすることを複数回繰り返す過程とを有することを特徴とする電気光学装置の画像表示方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の利用分野】本発明は、駆動用スイッチング素子として薄膜トランジスタ（以下TFTという）を使用した液晶電気光学装置における画像表示方法において、特に中間的な色調や濃淡の表現を得るための階調表示方法に関するものである。本発明は、特に、外部からいかなるアナログ信号をもアクティブ素子に印加することなく、階調表示をおこなう、いわゆる完全デジタル階調表示に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】液晶組成物はその物質特性から、分子軸に対して水平方向と垂直方向に誘電率が異なるため、外部の電解に対して水平方向に配列したり、垂直方向に配列したりさせることが容易にできる。液晶電気光学装置は、この誘電率の異方性を利用して、光の透過量または散乱量を制御することでON/OFF、すなわち明暗の表示をおこなっている。液晶材料としては、TN（ツイステッド・ネマティック）液晶、STN（スーパー・ツイステッド・ネマティック）液晶、強誘電性液晶、ポリマー液晶あるいは分散型液晶とよばれる材料が知られている。液晶は外部電圧に対して、無限に短い時間に反応するのではなく、応答するまでに一定の時間がかかることが知られている。その値はそれぞれの液晶材料に固有で、TN液晶の場合には、数10msec、STN液晶の場合には数100msec、強誘電性液晶の場合には数100μsec、分散型あるいはポリマー液晶の場合には数10msecである。

【0003】液晶を利用した電気光学装置のうちでもっとも優れた画質が得られるものは、アクティブマトリクス方式を用いたものであった。従来のアクティブマトリクス型の液晶電気光学装置では、アクティブ素子として薄膜トランジスタ（TFT）を用い、TFTにはアモルファスまたは多結晶型の半導体を用い、1つの画素にP型またはN型のいずれか一方のみのタイプのTFTを用いたものであった。即ち、一般にはNチャネル型TFT（NTFTという）を画素に直列に連結している。そして、マトリクスの信号線に信号電圧を流し、それぞれの信号線の直交する箇所に設けられたTFTに双方から信号が印加されるとTFTがON状態となることを利用して液晶画素のON/OFFを個別に制御するものであった。このような方法によって画素の制御をおこなうこと

によって、コントラストの大きい液晶電気光学装置を実現することができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このようなアクティブマトリクス方式では、明暗や色調といった、階調表示をおこなうことは極めて難しかった。従来、階調表示は液晶の光透過性が、印加される電圧の大きさにによって変わることを利用する方式が検討されていた。これは、例えば、マトリクス中のTFTのソース・ドレイン間に、適切な電圧を周辺回路から供給し、その状態

でゲート電極に信号電圧を印加することによって、液晶画素にその大きさの電圧をかけようとするものであった。

【0005】しかしながら、このような方法では、例えば、TFTの不均質性やマトリクス配線の不均質性のために、実際には液晶画素にかかる電圧は、各画素によって、最低でも数%も異なってしまった。これに対し、例えば、液晶の光透過度の電圧依存性は、極めて非線型性が強く、ある特定の電圧で急激に光透過性が変化するため、たとえ数%の違いでも、光透過性が著しく異なってしまうことがあった。そのため、実際には16階調を達成することが限界であった。

【0006】このように階調表示が困難であるということは、液晶ディスプレイ装置が従来の一般的な表示装置であるCRT（陰極線管）と競争してゆく上で極めて不利であった。

【0007】本発明は従来、困難であった階調表示を実現させるための全く新しい方法を提案することを目的とするものである。

【0008】

【問題を解決するための手段】さて、液晶にかける電圧をアナログ的に制御することによって、その光透過性を制御することが可能であることを先に述べたが、本発明人らは、液晶に電圧のかかっている時間を制御することによって、視覚的に階調を得ることができることを見出した。

【0009】例えば、代表的な液晶材料であるTN（ツイステッド・ネマチック）液晶を用いた場合において、例えば、図1（a）において、Aで示されるような矩形パルスを印加する場合と、Cで示されるような矩形パルスを印加する場合を比べて見ると、Aの方が明るいことを見出した。ここで、パルスの周期は1msecとした。結果的には、Aが最も明るく、以下、B、C、Dの順であった。このことは全く予想外のことである。なぜならば、通常の上記のTN液晶材料においては、1msecという時間はあまりにも短く、そのような短時間にはTN液晶は反応しないのである。したがって、いずれの場合にも液晶はON状態を実現することは不可能なはずである。しかしながら、実際には液晶は中間的な濃さを実現できた。

【0010】その具体的な原理についてはまだ詳細にわかっていない。しかしながら、本発明人らは、この現象を利用して階調表現が可能であることを見出したのである。すなわち、液晶材料が反応しないような周期で液晶材料にパルスを印加するときにパルスの幅を制御することによって、中間的な明るさをデジタル制御で実現することが、まさに本発明の特徴とするものである。本発明人らの研究の結果、このような中間的な濃度を得るためのパルスの周期はTN液晶の場合には10msec以下が必要であることがわかった。

【0011】ここで、パルスの周期という語句について、その意味を明確にする。すなわち、この場合には、複数のパルスを連続的に液晶に印加するのであるが、この場合のパルスの周期とは、1つのパルスが始まってから、次のパルスが始まるまでの間の時間のことをいう。したがって、パルスの繰り返し周波数の逆数となる。また、パルス幅とは、パルスが電圧状態にある時間のことをいう。したがって、図1において、例えばCのパルス列の場合には、Tがパルスの周期であり、 $\tau$ がパルス幅である。

【0012】同様な効果は、STN液晶においても、強誘電性液晶においても、また、ポリマー液晶あるいは分散型液晶においても見られた。いずれも、その応答時間よりも短い周期のパルスを加えることによって、中間的な色調が得られることが明らかになった。すなわち、STN液晶においては、100msec以下、のぞましくは10msec以下、強誘電性液晶においては100 $\mu$ sec以下、のぞましくは10 $\mu$ sec以下、ポリマー液晶あるいは分散型液晶においては10msec以下、のぞましくは1msec以下の周期のパルスを加えることによって、階調表示が得られた。

【0013】通常は、テレビ等の画像では1秒間に30枚の静止画が次々に繰り出されて動画を形成する。したがって、1枚の静止画が継続する時間は約30msecである。この時間は人間の目にはあまりにも早すぎて、文字通り「目にも止まらない」時間であり、結果として、視覚的には静止画を1枚1枚識別することはできない。ともかく、通常の動画を得るには、1枚の静止画は長くても100msec以上継続することはできない。

【0014】本発明を利用して256階調の階調表示をおこなうとすれば、例えば、 $T = 3\text{msec}$ とすれば、この3msecの時間を、少なくとも256分割しうるパルス電圧印加方法、を画素に電圧を印加する方法として採用する必要がある。すなわち、最短で $3\text{msec} / 256 = 11.7\mu\text{sec}$ のパルス状の電圧が画素にかかるような回路を組む必要がある。実際には、図3に示すように、パルスのデューティ比 $\tau / T$ と液晶画素の光透過性は非線型的な関係であり、256階調を得るためには、さらに、パルスのデューティ比を細かく制御することが必要である。

【0015】しかも、実際の画像表示をおこなう場合には、他の画素も考慮しなければならない。実際の画像表示装置では、例えば400行もの行がある。すなわち、後に述べるように、マトリクスアクティブ素子は100nsecという極短応答性が求められる。そこで、そのような短時間応答性を有する回路の例を図4に示し、以下、その説明をする。

【0016】図4は本発明を実施するために必要な液晶表示装置のアクティブマトリクスの回路の例を示す。本発明では、アクティブ素子は100nsec以下の短時間10で応答することが要求されるので高速動作する回路を組む必要がある。そのためには従来のようにNTFTあるいはPTFTだけでスイッチングをおこなうのではなく、図4に示されるようにNTFTとPTFTとが相補的に動作するように構成された、変形トランスファ・ゲイト型の回路を用いることが必要である。

【0017】この例では $N \times M$ のマトリクスの例を示したものであるが、煩雑さをさけるために、そのうちの $n$ 行 $m$ 列近傍のみを示した。これと同じものを上下左右に展開すれば完全なものが得られる。

【0018】図4には、4つの変形トランスファ・ゲイトが描かれているが、各変形トランスファ・ゲイトのソースは $Y_n$ あるいは $Y_{n+1}$ （以下、 $Y$ 線と総称する）に接続され、また、各変形トランスファ・ゲイトのゲイトは $X_m$ あるいは $X_{m+1}$ （以下、 $X$ 線と総称する）に接続されている。また、各変形トランスファ・ゲイトのドレインは液晶画素 $Z_{n,m}$ 、 $Z_{n,m+1}$ 、 $Z_{n+1,m}$ 、 $Z_{n+1,m+1}$ に接続されている。変形トランスファ・ゲイトにおいて、NTFTとPTFTは対称なので、その位置は入れ替わってもよい。

【0019】次に、このような回路を用いた場合の回路の動作例を図1(b)および図2を用いて説明する。このマトリクス回路は図1(a)に示されるようなパルス状の電圧を液晶セルに印加するように動作する必要がある。そこで、このようなパルスを発生するために $X$ 線および $Y$ 線に印加される信号電圧の概要を図1(b)に示す。例として、 $400 \times 640$ のマトリクスを考える。

【0020】 $Y$ 線に印加される信号は、例えば $Y_n$ 線の場合は、 $V(Y_n)$ で示されるが、これは、周期 $T$ で繰り返されるひとまとまりのパルスの中に、実は256個10のバルス（以下、サブパルスという）が含まれており、さらにその256個のサブパルスのそれぞれは、400個の要素が入ったパルス列から構成されていることがわかる。ここで、400という数字はマトリクスの行数である。したがって、 $Y$ 線に印加されるパルスの最小単位は $T = 3\text{msec}$ とすれば、 $29\text{nsec}$ である。

【0021】一方、 $X$ 線には、時間 $T/256$ の間に、図の $V(X_1)$ 、 $V(X_n)$ 、 $V(X_{n+1})$ 、 $V(X_{m+1})$ で示されるような、極性が少なくとも1回反転す50

るパルス（以下、バイポーラ・パルスという）が、それぞれのタイミングをずらして印加される。バイポーラ・パルスは、上記 $Y$ 線に印加されるパルスの最小単位パルスよりもさらに短い必要がある。結局、時間 $T$ の間には、各 $X$ 線には、256回バイポーラ・パルスが印加される。

【0022】次に、実際の回路の動作を図2に基づいて説明する。まず、第1のサブパルスがそれぞれの $Y$ 線に印加される。当然のことながら、これらのサブパルスは $Y$ 線ごとに異なる。一方、 $X$ 線には、先に述べたように、バイポーラ・パルスが最初に $X_1$ 、次に $X_2$ 、というように順々に印加されてゆく。まず、バイポーラ・パルスが $X_1$ に印加されたときを考える。このとき、画素 $Z_{1,1}$ に接続されている、アクティブ素子はON状態となる。そして、このアクティブ素子に接続されている $Y$ 線は電圧が印加された状態であるので、画素 $Z_{1,1}$ は充電される。そして、 $Y$ 線の電圧がゼロとなる前にバイポーラ・パルスは切られるので、結局、画素 $Z_{1,1}$ には電荷が残され、電圧状態を保つ。同様に、 $Z_{1,2}$ も $Z_{1,3}$ も $Z_{1,4}$ も、電圧状態となる。

【0023】このようにして、バイポーラ・パルスが順々に印加されてゆき、 $X_n$ に印加された場合を考える。今、4つの画素 $Z_{n,m}$ 、 $Z_{n,m+1}$ 、 $Z_{n+1,m}$ 、 $Z_{n+1,m+1}$ に注目しているとすれば、 $Y_n$ および $Y_{n+1}$ の第1のサブパルスの $n$ 番目および $(n+1)$ 番目に注目すればよい。 $Y_n$ も $Y_{n+1}$ も $n$ 番目にはパルスがあるので、画素 $Z_{n,m}$ 、 $Z_{n,m+1}$ は電圧状態になる。ついで、 $X_{n+1}$ にバイポーラ・パルスが印加される。 $Y_n$ も $Y_{n+1}$ も $(n+1)$ 番目にはパルスがあるので、この場合も画素 $Z_{n+1,m}$ 、 $Z_{n+1,m+1}$ は充電状態となる。

【0024】次に、図では省略されているが、第2のサブパルスが来たものとする。このとき、 $Y_n$ も $Y_{n+1}$ も $n$ 番目および $(n+1)$ 番目にはパルスがあったならば、充電状態がなくならず、以上4つの画素は引き続き電圧状態を継続する。その後、第 $(h-1)$ のサブパルスまでは、4つの画素とも電圧状態が継続したものとする。

【0025】次に、サブパルスが進んで、第 $h$ のサブパルスが来たものとする。図では煩雑さを避けるために $n$ 番目および $(n+1)$ 番目以外のパルスは省略した。このとき、 $Y_n$ も $Y_{n+1}$ も $n$ 番目にはパルスがあるので、画素 $Z_{n,m}$ 、 $Z_{n,m+1}$ は電圧状態を継続する。しかし、 $Y_{n+1}$ には $(n+1)$ 番目のパルスがなかったので、画素 $Z_{n+1,m}$ は電圧状態が継続するものの、画素 $Z_{n+1,m+1}$ は、アクティブ素子のゲイトがONになった状態で、外部からの電圧の供給がないので、蓄えられていた電荷が放出され、電圧状態は中断される。

【0026】さらに、第 $i$ のサブパルスが来たときには、 $Y_n$ の $(n+1)$ 番目のパルスの電圧がゼロであったので、 $Z_{n+1,m}$ の充電状態は解除される。以下、第 $j$

および第kのサブパルスにおいて、それぞれ、 $Y_{n-1}$ 、 $Y_n$ のn番目の信号がゼロであったので、画素 $Z_{n-1}$ 、 $Z_n$ の充電状態がそれぞれ、第k、第jのサブパルス中に中断される。このような過程を経ることによって、図2のV(Z)に示すように、各画素ごとに電圧状態の時間をデジタル的にコントロールできる。

【0027】このような動作を繰り返すことにより、各画素に加わる電圧パルスの幅を図1(a)のように任意に制御することができる。

【0028】以上の説明から明らかなように、本発明を実施するにあたっては、上記のようなサブパルスは、明確に定義できるパルス状のものでなければならないわけではない。説明を簡単にするために、サブパルスという概念を持ち出したが、特に、サブパルスとサブパルスの間が明確でなく、信号としては、ほとんど境界のないものであっても、本発明を実施できることはあきらかである。同様に、前記サブパルス内に含まれる多数のパルスについても、これらが、独立したパルスである必要はなんらなく、ON/OFFが組み合わされた1連の信号であってもよい。さらに、説明をわかりやすくするため、信号のゼロレベルと電圧レベルを明確にしたが、これは、液晶のしきい値電圧以下であるか、以上であるかという問題だけであるので、絶対にゼロである必要はない。

【0029】

【実施例】

「実施例1」 本実施例では図4に示すような回路構成を用いた液晶表示装置を用いて、壁掛けテレビを作製したので、その説明を行う。またその際のTF Tは、レーザーアニールを用いた多結晶シリコンとした。

【0030】この回路構成に対応する実際の電極等の配置構成を1つの画素について、図5に示している。まず、本実施例で使用する液晶パネルの作製方法を図6を使用して説明する。図6(A)において、石英ガラス等の高価でない700℃以下、例えば約600℃の熱処理に耐え得るガラス50上にマグネトロンRF(高周波)スパッタ法を用いてブロッキング層51としての酸化珪素膜を1000~3000Åの厚さに作製する。プロセス条件は酸素100%雰囲気、成膜温度150℃、出力400~800W、圧力0.5Paとした。ターゲットに石英または単結晶シリコンを用いた成膜速度は30~100Å/分であった。

【0031】この上にシリコン膜をプラズマCVD法により珪素膜52を作製した。成膜温度は250℃~350℃で行い本実施例では320℃とし、モノシラン( $\text{SiH}_4$ )を用いた。モノシラン( $\text{SiH}_4$ )に限らず、ジシラン( $\text{Si}_2\text{H}_6$ )またはトリシラン( $\text{Si}_3\text{H}_8$ )を用いてもよい。これらをPCVD装置内に3Paの圧力で導入し、13.56MHzの高周波電力を加えて成膜した。この際、高周波電力は0.02~0.10W/cm<sup>2</sup>が適当であり、本実

施例では0.055W/cm<sup>2</sup>を用いた。また、モノシラン( $\text{SiH}_4$ )の流量は20SCCMとし、その時の成膜速度は約120Å/分であった。PTFTとNTFTとのスレッショールド電圧( $V_{th}$ )を概略同一に制御するため、ホウ素をジボランを用いて $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18}$ cm<sup>-3</sup>の濃度として成膜中に添加してもよい。またTF Tのチャネル領域となるシリコン層の成膜にはこのプラズマCVDだけでなく、スパッタ法、減圧CVD法を用いても良く、以下にその方法を簡単に述べる。

【0032】スパッタ法で行う場合、スパッタ前の背圧を $1 \times 10^{-5}$ Pa以下とし、単結晶シリコンをターゲットとして、アルゴンに水素を20~80%混入した雰囲気で行った。例えばアルゴン20%、水素80%とした。成膜温度は150℃、周波数は13.56MHz、スパッタ出力は400~800W、圧力は0.5Paであった。

【0033】減圧気相法で形成する場合、結晶化温度よりも100~200℃低い450~550℃、例えば530℃でジシラン( $\text{Si}_2\text{H}_6$ )またはトリシラン( $\text{Si}_3\text{H}_8$ )をCVD装置に供給して成膜した。反応炉内圧力は30~300Paとした。成膜速度は50~250Å/分であった。PTFTとNTFTとのスレッショールド電圧( $V_{th}$ )を概略同一に制御するため、ホウ素をジボランを用いて $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18}$ cm<sup>-3</sup>の濃度として成膜中に添加してもよい。

【0034】これらの方法によって形成された被膜は、酸素が $5 \times 10^{15}$ cm<sup>-3</sup>以下であることが好ましい。結晶化を助長させるためには、酸素濃度を $7 \times 10^{19}$ cm<sup>-3</sup>以下、好ましくは $1 \times 10^{19}$ cm<sup>-3</sup>以下とすることが望ましいが、少なすぎると、バックライトによりオフ状態のリーク電流が増加してしまうため、この濃度を選択した。この酸素濃度が高いと、結晶化させにくく、レーザーアニール温度を高くまたはレーザーアニール時間を長くしなければならない。水素は $4 \times 10^{19}$ cm<sup>-3</sup>であり、珪素 $4 \times 10^{19}$ cm<sup>-3</sup>として比較すると1原子%であった。

【0035】また、ソース、ドレインに対してより結晶化を助長させるため、酸素濃度を $7 \times 10^{19}$ cm<sup>-3</sup>以下、好ましくは $1 \times 10^{19}$ cm<sup>-3</sup>以下とし、ピクセル構成するTF Tのチャネル形成領域のみに酸素をイオン注入法により $5 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{21}$ cm<sup>-3</sup>となるように添加してもよい。上記方法によって、アモルファス状態の珪素膜を500~5000Å、本実施例では1000Åの厚さに成膜した。

【0036】その後、図6(B)に示すように、フォトレジスト53をマスクP1を用いてソース・ドレイン領域のみ開孔したパターンを形成した。その上に、プラズマCVD法によりn型の活性層となる珪素膜54を作製した。成膜温度は250℃~350℃で行い本実施例では320℃とし、モノシラン( $\text{SiH}_4$ )とモノシランベースのフォスフィン( $\text{PH}_3$ )3%濃度のものを用いた。これら

をPCVD装置内5 Paの圧力で導入し、13.56 MHzの高周波電力を加えて成膜した。この際、高周波電力は0.05~0.20 W/cm<sup>2</sup>が適当であり、本実施例では0.120 W/cm<sup>2</sup>を用いた。

【0037】この方法によって出来上がったn型シリコン層の比導電率は $2 \times 10^{-1}$  [Ω cm<sup>-1</sup>]程度となった。膜厚は50 Åとした。その後リフトオフ法を用いて、レジスト53を除去し、ソース・ドレイン領域55、56を形成した。

【0038】同様のプロセスを用いて、p型の活性層を形成した。その際の導入ガスは、モノシラン(SiH<sub>4</sub>)とモノシランベースのジボラン(B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)5%濃度のものを用いた。これらをPCVD装置内に4 Paの圧力で導入し、13.56 MHzの高周波電力を加えて成膜した。この際、高周波電力は0.05~0.20 W/cm<sup>2</sup>が適当であり、本実施例では0.120 W/cm<sup>2</sup>を用いた。この方法によって出来上がったp型シリコン層の比導電率は $5 \times 10^{-2}$  [Ω cm<sup>-1</sup>]程度となった。膜厚は50 Åとした。その後N型領域と同様にリフトオフ法を用いて、ソース・ドレイン領域59、60を形成した。その後、マスクP3を用いて珪素膜52をエッチング除去し、Nチャネル型薄膜トランジスタ用アイランド領域63とPチャネル型薄膜トランジスタ用アイランド領域64を形成した。

【0039】その後XeClエキシマレーザーを用いて、ソース・ドレイン・チャネル領域をレーザーアニールすると同時に、活性層にレーザードーピングを行なった。この時のレーザーエネルギーは、閾値エネルギーが130 mJ/cm<sup>2</sup>で、膜厚全体が溶融するには220 mJ/cm<sup>2</sup>が必要となる。しかし、最初から220 mJ/cm<sup>2</sup>以上のエネルギーを照射すると、膜中に含まれる水素が急激に放出されるために、膜の破壊が起きる。そのために低エネルギーで最初に水素を追い出した後に溶融させる必要がある。本実施例では最初15.0 mJ/cm<sup>2</sup>で水素の追い出しを行なった後、230 mJ/cm<sup>2</sup>で結晶化をおこなった。

【0040】この上に酸化珪素膜をゲイト絶縁膜として500~2000 Å例えば1000 Åの厚さに形成した。これはブロッキング層としての酸化珪素膜の作製と同一条件とした。この成膜中に弗素を少量添加し、ナトリウムイオンの固定化をさせてもよい。

【0041】この後、この上側にリンが $1 \sim 5 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>の濃度に入ったシリコン膜またはこのシリコン膜とその上にモリブデン(Mo)、タングステン(W)、MoSi<sub>2</sub>またはWSi<sub>2</sub>との多層膜を形成した。これを第4のフォトマスクP4にてパターンニングして図6(E)を得た。NTFT用のゲイト電極66、PTFT用のゲイト電極67を形成した。例えばチャネル長7 μm、ゲイト電極としてリンドーピング珪素を0.2 μm、その上にモリブデンを0.3 μmの厚さに形成した。

【0042】また、ゲート電極材料としてアルミニウム(Al)を用いた場合、これを第4のフォトマスク69にてパターンニング後、その表面を陽極酸化することで、セルファライン工法が適用可能なため、ソース・ドレインのコンタクトホールをよりゲートに近い位置に形成することが出来るため、移動度、スレッショールド電圧の低減からさらにTFTの特性を上げることができる。

【0043】かくすると、400℃以上にすべての工程で温度を加えることなくC/TFTを作ることができる。そのため、基板材料として、石英等の高価な基板を用いなくてもよく、本発明の大画面の液晶表示装置にきわめて適したプロセスであるといえる。

【0044】図6(F)において、層間絶縁物68を前記したスパッタ法により酸化珪素膜の形成として行った。この酸化珪素膜の形成はLPCVD法、光CVD法、常圧CVD法を用いてもよい。例えば0.2~0.6 μmの厚さに形成し、その後、第5のフォトマスクP5を用いて電極用の窓79を形成した。その後、さらに、これら全体にアルミニウムを0.3 μmの厚みにスパッタ法により形成し第6のフォトマスクP6を用いてリード74およびコンタクト73、75を作製した後、表面を平坦化用有機樹脂77例えば透光性ポリイミド樹脂を塗布形成し、再度の電極穴あけを第7のフォトマスクP7にて行った。さらに、これら全体にITO(インジウム酸化錫)を0.1 μmの厚みにスパッタ法により形成し第8のフォトマスクP8を用いて画素電極71を形成した。このITOは室温~150℃で成膜し、200~400℃の酸素または大気中のアニールにより成就した。

【0045】得られたTFTの電気的な特性はPTFTで移動度は40 (cm<sup>2</sup>/Vs)、V<sub>th</sub>は-5.9 (V)で、NTFTで移動度は80 (cm<sup>2</sup>/Vs)、V<sub>th</sub>は5.0 (V)であった。

【0046】上記の様な方法に従って作製された液晶電気光学装置用の一方の基板を得ることが出来た。この液晶表示装置の電極等の配置の様子を図5に示している。Nチャネル型薄膜トランジスタとPチャネル型薄膜トランジスタとを第1の信号線3と第2の信号線4のとの交差部に設けられている。このようなC/TFTを用いたマトリクス構成を有せしめた。かかる構造を左右、上下に繰り返すことにより、640×480、1280×960といった大画面の液晶表示装置とすることが出来る。本実施例では1920×400とした。この様にして第1の基板を得た。

【0047】他方の基板の作製方法を図7に示す。ガラス基板上にポリイミドに黒色顔料を混合したポリイミド樹脂をスピンコート法を用いて1 μmの厚みに成膜し、第9のフォトマスクP9を用いてブラックストライプ81を作製した。その後、赤色顔料を混合したポリイミド樹脂をスピンコート法を用いて1 μmの厚みに成膜し、



第10のフォトマスクP10を用いて赤色フィルター83を作製した。同様にしてマスクP11、P12を使用し、緑色フィルター85および青色フィルター86を作製した。これらの作製中各フィルターは350℃にて窒素中で60分の焼成を行なった。その後、やはりスピンコート法を用いて、レベリング層89を透明ポリイミドを用いて制作した。

【0048】その後、これら全体にITO（インジウム酸化錫）を0.1μmの厚みにスパッタ法により形成し第5のフォトマスク91を用いて共通電極90を形成した。このITOは室温～150℃で成膜し、200～300℃の酸素または大気中のアニールにより成就し、第2の基板を得た。

【0049】前記基板上に、オフセット法を用いて、ポリイミド前駆体を印刷し、非酸化性雰囲気たとえば窒素中にて350℃1時間焼成を行った。その後、公知のラビング法を用いて、ポリイミド表面を改質し、少なくとも初期において、液晶分子を一定方向に配向させる手段を設けた。

【0050】その後、前記第一の基板と第二の基板によって、ネマチック液晶組成物を挟持し、周囲をエポキシ性接着剤にて固定した。基板上のリードにTAB形状の駆動ICと共通信号、電位配線を有するPCBを接続し、外側に偏光板を貼り、透過型の液晶電気光学装置を得た。これと冷陰極管を3本配置した後部照明装置、テレビ電波を受信するチューナーを接続し、壁掛けテレビとして完成させた。従来のCRT方式のテレビと比べて、平面形状の装置となったために、壁等に設置することも出来るようになった。この液晶テレビの動作は図1、図2に示したものと、実質的に同等な信号を液晶画素に印加することにより確認された。

【0051】「実施例2」本実施例では、対角1インチを有する液晶電気光学装置を用いた、ビデオカメラ用ビューファインダーを作製し、本発明を実施したので説明を加える。

【0052】本実施例では、画素数が387×128の構成にして、低温プロセスによる高移動度TFTを用いた素子を形成し、ビューファインダーを構成した。本実施例で使用する液晶表示装置の基板上のアクティブ素子の配置の様子を図5に示し図5のA-A'断面およびB-B'断面を示す作製プロセスを図8に描く。

【0053】図8(A)において、安価な、700℃以下、例えば約600℃の熱処理に耐え得るガラス50上にマグネトロンRF（高周波）スパッタ法を用いてブロッキング層51としての酸化珪素膜を1000～3000Åの厚さに作製する。プロセス条件は酸素100%雰囲気、成膜温度15℃、出力400～800W、圧力0.5Paとした。ターゲットに石英または単結晶シリコンを用いた成膜速度は30～100Å/分であった。

【0054】この上にシリコン膜をLPCVD（減圧気

相）法、スパッタ法またはプラズマCVD法により形成した。減圧気相法で形成する場合、結晶化温度よりも100～200℃低い450～550℃、例えば530℃でジシラン(Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)またはトリシラン(Si<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)をCVD装置に供給して成膜した。反応炉内圧力は30～300Paとした。成膜速度は50～250Å/分であった。PTFTとNTFTとのスレッショールド電圧(V<sub>th</sub>)に概略同一に制御するため、ホウ素をジボランを用いて1×10<sup>15</sup>～1×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>の濃度として成膜中に添加してもよい。

【0055】スパッタ法で行う場合、スパッタ前の背圧を1×10<sup>-5</sup>Pa以下とし、単結晶シリコンをターゲットとして、アルゴンに水素を20～80%混入した雰囲気で行った。例えばアルゴン20%、水素80%とした。成膜温度は150℃、周波数は13.56MHz、スパッタ出力は400～800W、圧力は0.5Paであった。

【0056】プラズマCVD法により珪素膜を作製する場合、温度は例えば300℃とし、モノシラン(SiH<sub>4</sub>)またはジシラン(Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)を用いた。これらをPCVD装置内に導入し、13.56MHzの高周波電力を加えて成膜した。

【0057】上記方法によって、アモルファス状態の珪素膜を500～5000Å、例えば1500Åの厚さに作製の後、450～700℃の温度にて12～70時間非酸化性雰囲気にて中温の加熱処理、例えば水素雰囲気下にて600℃の温度で保持した。

【0058】図8(A)において、珪素膜を第1のフォトマスク①にてフォトリソを施し、NTFT用の領域13（チャンネル巾20μm）を図面のA-A'断面側に、PTFT用の領域22をB-B'断面側に作製した。

【0059】この上に酸化珪素膜をゲイト絶縁膜として500～2000Å例えば1000Åの厚さに形成した。これはブロッキング層としての酸化珪素膜の作製と同一条件とした。この成膜中に弗素を少量添加し、ナトリウムイオンの固定化をさせてもよい。

【0060】この後、この上側にリンが1～5×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>の濃度に入ったシリコン膜またはこのシリコン膜とその上にモリブデン(Mo)、タングステン(W)、MoSi<sub>2</sub>またはWSi<sub>2</sub>との多層膜を形成した。これを第2のフォトマスク②にてパターニングして図8(B)を得た。NTFT用のゲイト電極9、PTFT用のゲイト電極21を形成した。本実施例にては、NTFT用チャンネル長は10μm、PTFT用チャンネル長は7μm、ゲイト電極としてリンドープ珪素を0.2μm、その上にモリブデンを0.3μmの厚さに形成した。

【0061】図8(C)において、PTFT用のソース18ドレイン20に対し、ホウ素を1～5×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>のドーザ量でイオン注入法により添加した。

【0062】次に図8(D)の如く、フォトリソスト61をフォトマスク③を用いて形成した。NTFT用のソース10、ドレイン12としてリンを $1\sim 5\times 10^{11}\text{cm}^{-2}$ のドーズ量でイオン注入法により添加した。

【0063】また、ゲート電極材料としてアルミニウム(A1)を用いた場合、これを第2のフォトマスク②にてパターンニング後、その表面を陽極酸化することで、セルフアライン工法が適用可能なため、ソース・ドレインのコンタクトホールをよりゲートに近い位置に形成することが出来るため、移動度、スレッショールド電圧の低減からさらにTFTの特性を上げることができる。

【0064】次に、600℃にて10～50時間再び加熱アニールを行った。NTFTのソース10、ドレイン12、PTFTのソース18、ドレイン20を不純物を活性化してP<sup>+</sup>、N<sup>+</sup>として作製した。またゲイト電極21、9下にはチャネル形成領域19、11がセミアモルファス半導体として形成されている。

【0065】かくすると、セルフアライン方式でありながらも、700℃以上にすべての工程で温度を加えることがなくC/TFTを作ることができる。そのため、基板材料として、石英等の高価な基板を用いなくてもよく、本発明の大画素の液晶表示装置にきわめて適したプロセスである。

【0066】本実施例では熱アニールは図8(A)、(D)で2回行った。しかし図8(A)のアニールは求める特性により省略し、双方を図8(D)のアニールにより兼ね製造時間の短縮を図ってもよい。図8(E)において、層間絶縁物65を前記したスパッタ法により酸化珪素膜の形成として行った。この酸化珪素膜の形成はLPCVD法、光CVD法、常圧CVD法を用いてもよい。例えば0.2～0.6μmの厚さに形成し、その後、フォトマスク④を用いて電極用の窓66を形成した。さらに、図8(F)に示す如くこれら全体にアルミニウムをスパッタ法により形成し、リード71、およびコンタクト72をフォトマスク⑤を用いて作製した後、表面を平坦化用有機樹脂69例えば透光性ポリイミド樹脂を塗布形成し、再度の電極穴あけをフォトマスク⑥にて行った。

【0067】2つのTFTを相補型構成とし、かつその出力端を液晶装置の一方の画素の電極を透明電極としてそれに連結するため、スパッタ法によりITO(インジウム・スズ酸化膜)を形成した。それをフォトマスク⑦によりエッチングし、電極17を構成させた。このITOは室温～150℃で成膜し、200～400℃の酸素または大気中のアニールにより成就した。かくの如くにしてNTFTとPTFT22と透明導電膜の電極17とを同一ガラス基板50上に作製した。得られたTFTの電気的な特性はPTFTで移動度は20( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )、 $V_{th}$ は-5.9(V)で、NTFTで移動度は40( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )、 $V_{th}$ は5.0(V)であった。

【0068】上記の様な方法に従って液晶装置用の一方の基板を作製した。この液晶表示装置の電極等の配置の様子を図5に示している。このようなC/TFTを用いたマトリクス構成を有せしめた。

【0069】次に第二の基板として、青板ガラス上にスパッタ法を用いて、酸化珪素膜を2000Å積層した基板上に、やはりスパッタ法によりITO(インジウム・スズ酸化膜)を形成した。このITOは室温～150℃で成膜し、200～400℃の酸素または大気中のアニールにより成就した。また、この基板上に「実施例1」と同様の手法を用いたカラーフィルターを形成して、第二の基板とした。

【0070】前記基板上に、オフセット法を用いて、ポリイミド前駆体を印刷し、非酸化性雰囲気たとえば窒素中に350℃1時間焼成を行った。その後、公知のラビング法を用いて、ポリイミド表面を改質し、少なくとも初期において、液晶分子を一定方向に配向させる手段を設けて第一および第二の基板とした。

【0071】その後、前記第一の基板と第二の基板によって、ネマチック液晶組成物を挟持し、周囲をエポキシ性接着剤にて固定した。基板上のリードはそのピッチが46μmと微細なため、COG法を用いて接続をおこなった。本実施例ではICチップ上に設けた金パンプをエポキシ系の銀パラジウム樹脂で接続し、ICチップと基板間を固着と封止を目的としたエポキシ変成アクリル樹脂にて埋めて固定する方法を用いた。その後、外側に偏光板を貼り、透過型の液晶表示装置を得た。

【0072】実施例1と実質的に同等な駆動方法によりこの液晶表示装置の128階調表示が可能であることを確認した。

【0073】例えば384×128ドットの49,152組のTFTを50mm角(300mm角基板から36枚の多面取り)に作成した液晶電気光学装置に対し通常のアナログ的な階調表示を行った場合、TFTの特性ばらつきが約±10%存在するために、16階調表示が限界であった。しかしながら、本発明によるデジタル階調表示をおこなった場合、TFT素子の特性ばらつきの影響を受けにくいために、128階調表示まで可能になりカラー表示では2,097,152色の多彩であり微妙な色彩の表示が実現できている。

【0074】テレビ映像の様なソフトを映す場合、例えば同一色からなる「岩」でもその微細な窪み等にあたる光の加減から微妙に色合いが異なる。自然の色彩に近い表示を行おうとした場合、16階調では困難を要し、これらの微細な窪みの表現には向かない。本発明による階調表示によって、これらの微細な色調の変化を付けることが可能になった。

【0075】「実施例3」 本実施例では図4に示すような回路構成を用いた液晶表示装置を用いて、壁掛けテレビを作製したので、その説明を行う。またその際のT

FTは、レーザーアニールを用いた多結晶シリコンとした。

【0076】以下では、TFT部分の作製方法について図9にしたがって記述する。図9(A)において、石英ガラス等の高価でない700℃以下、例えば約600℃の熱処理に耐え得るガラス100上にマグネトロンRF（高周波）スパッタ法を用いてブロッキング層101としての酸化珪素膜を1000～3000Åの厚さに作製する。プロセス条件は酸素100%雰囲気、成膜温度15℃、出力400～800W、圧力0.5Paとした。ターゲットに石英または単結晶シリコンを用いた成膜速度は30～100Å/分であった。

【0077】この上にシリコン膜をプラズマCVD法により珪素膜102を作製した。成膜温度は250℃～350℃で行い本実施例では320℃とし、モノシラン( $\text{SiH}_4$ )を用いた。モノシラン( $\text{SiH}_4$ )に限らず、ジシラン( $\text{Si}_2\text{H}_6$ ) またトリシラン( $\text{Si}_3\text{H}_8$ )を用いてもよい。これらをPCVD装置内に3Paの圧力で導入し、13.56MHzの高周波電力を加えて成膜した。この際、高周波電力は0.02～0.10W/cm<sup>2</sup>が適当であり、本実施例では0.055W/cm<sup>2</sup>を用いた。また、モノシラン( $\text{SiH}_4$ )の流量は20SCCMとし、その時の成膜速度は約120Å/分であった。PTFTとNTFTとのスレッショールド電圧( $V_{th}$ )を概略同一に制御するため、ホウ素をジボランを用いて $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>の濃度として成膜中に添加してもよい。またTFTのチャネル領域となるシリコン層の成膜にはこのプラズマCVDだけでなく、スパッタ法、減圧CVD法を用いても良く、以下にその方法を簡単に述べる。

【0078】スパッタ法で行う場合、スパッタ前の背圧を $1 \times 10^{-1}$  Pa以下とし、単結晶シリコンをターゲットとして、アルゴンに水素を20～80%混入した雰囲気で行った。例えばアルゴン20%、水素80%とした。成膜温度は150℃、周波数は13.56MHz、スパッタ出力は400～800W、圧力は0.5Paであった。

【0079】減圧気相法で形成する場合、結晶化温度よりも100～200℃低い450～550℃、例えば530℃でジシラン( $\text{Si}_2\text{H}_6$ )またはトリシラン( $\text{Si}_3\text{H}_8$ )をCVD装置に供給して成膜した。反応炉内圧力は30～300Paとした。成膜速度は50～250Å/分であった。PTFTとNTFTとのスレッショールド電圧( $V_{th}$ )を概略同一に制御するため、ホウ素をジボランを用いて $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>の濃度として成膜中に添加してもよい。

【0080】これらの方法によって形成された被膜は、酸素が $5 \times 10^{13}$  cm<sup>-3</sup>以下であることが好ましい。結晶化を助長させるためには、酸素濃度を $7 \times 10^{13}$  cm<sup>-3</sup>以下、好ましくは $1 \times 10^{13}$  cm<sup>-3</sup>以下とすることが望ましいが、少なすぎると、バックライトによりオフ状態のリーク電

流が増加してしまうため、この濃度を選択した。この酸素濃度が高いと、結晶化させにくく、レーザーアニール温度を高くまたはレーザーアニール時間を長くしなければならない。水素は $4 \times 10^{19}$  cm<sup>-3</sup>であり、珪素 $4 \times 10^{12}$  cm<sup>-3</sup>として比較すると1原子%であった。

【0081】また、ソース、ドレインに対してより結晶化を助長させるため、酸素濃度を $7 \times 10^{13}$  cm<sup>-3</sup>以下、好ましくは $1 \times 10^{13}$  cm<sup>-3</sup>以下とし、ピクセル構成するTFTのチャネル形成領域のみに酸素をイオン注入法により $5 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{21}$  cm<sup>-3</sup>となるように添加してもよい。上記方法によって、アモルファス状態の珪素膜を500～5000Å、本実施例では1000Åの厚さに成膜した。

【0082】その後、フォトリソスト103をマスクP1を用いてNTFTのソース・ドレイン領域となるべき領域のみ開孔したパターンを形成した。そして、レジスト103をマスクとして、リンイオンをイオン注入法により、 $2 \times 10^{14} \sim 5 \times 10^{16}$  cm<sup>-2</sup>、好ましくは $2 \times 10^{16}$  cm<sup>-2</sup>だけ、注入し、n型不純物領域104を形成した。その後、レジスト103は除去された。

【0083】同様に、レジスト105を塗布し、マスクP3を用いて、PTFTのソース・ドレイン領域となるべき領域のみ開孔したパターンを形成した。そして、レジスト105をマスクとして、p型の不純物領域を形成した。不純物としては、ホウ素を用い、やはりイオン注入法を用いて、 $2 \times 10^{14} \sim 5 \times 10^{16}$  cm<sup>-2</sup>、好ましくは $2 \times 10^{16}$  cm<sup>-2</sup>だけ、不純物を導入した。このようにして、図9(B)を得た。

【0084】その後、珪素膜102上に、厚さ50～300nm、例えば、100nmの酸化珪素被膜107を、上記のRFスパッタ法によって形成した。そして、XeClエキシマレーザーを用いて、ソース・ドレイン・チャネル領域をレーザーアニールによって、結晶化・活性化した。この時のレーザーエネルギーは、閾値エネルギーが130mJ/cm<sup>2</sup>で、膜厚全体が溶融するには220mJ/cm<sup>2</sup>が必要となる。しかし、最初から220mJ/cm<sup>2</sup>以上のエネルギーを照射すると、膜中に含まれる水素が急激に放出されるために、膜の破壊が起きる。そのために低エネルギーで最初に水素を追い出した後に溶融させる必要がある。本実施例では最初150mJ/cm<sup>2</sup>で水素の追い出しを行なった後、230mJ/cm<sup>2</sup>で結晶化をおこなった。さらに、レーザーアニール終了後は酸化珪素膜107は取り去った。

【0085】その後、フォトマスクP3によって、アイランド状のNTFT領域111とPTFT領域112を形成した。この上に酸化珪素膜108をゲイト絶縁膜として500～2000Å例えば1000Åの厚さに形成した。これはブロッキング層としての酸化珪素膜の作製と同一条件とした。この成膜中に弗素を少量添加し、ナトリウムイオンの固定化をさせてもよい。

【0086】この後、この上側にリンが $1 \sim 5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の濃度に入ったシリコン膜またはこのシリコン膜とその上にモリブデン(Mo)、タングステン(W)、 $\text{MoSi}_2$ 、または $\text{WSi}_2$ との多層膜を形成した。これを第4のフォトマスクP4にてパターンニングして図9(D)を得た。NTFT用のゲイト電極109、PTFT用のゲイト電極110を形成した。例えばチャネル長 $7 \mu\text{m}$ 、ゲイト電極としてリンドープ珪素を $0.2 \mu\text{m}$ 、その上にモリブデンを $0.3 \mu\text{m}$ の厚さに形成した。

【0087】また、ゲート電極材料としてアルミニウム(A1)を用いた場合、これを第4のフォトマスクP4にてパターンニング後、その表面を陽極酸化することで、セルフアライン工法が適用可能なため、ソース・ドレインのコンタクトホールをよりゲートに近い位置に形成することが出来るため、移動度、スレッショールド電圧の低減からさらにTFTの特性を上げることができる。

【0088】かくすると、 $400^\circ\text{C}$ 以上にすべての工程で温度を加えることがなくC/TFTを作ることができる。そのため、基板材料として、石英等の高価な基板を用いなくてもよく、本発明の大画面の液晶表示装置にき

わめて適したプロセスであるといえる。

【0089】図9(E)において、層間絶縁物113を前記したスパッタ法により酸化珪素膜の形成として行った。この酸化珪素膜の形成はLPCVD法、光CVD法、常圧CVD法を用いてもよい。例えば $0.2 \sim 0.6 \mu\text{m}$ の厚さに形成し、その後、第5のフォトマスクP5を用いて電極用の窓117を形成した。その後、さらに、これら全体にアルミニウムを $0.3 \mu\text{m}$ の厚みにスパッタ法により形成し第6のフォトマスクP6を用いてリード116およびコンタクト114、115を作製した後、表面を平坦化用有機樹脂119、例えば透光性ポリイミド樹脂を塗布形成し、再度の電極穴あけを第7のフォトマスクP7にて行った。さらに、これら全体にITO(インジウム酸化錫)を $0.1 \mu\text{m}$ の厚みにスパッタ法により形成し第8のフォトマスクP8を用いて画素電極118を形成した。このITOは室温 $\sim 150^\circ\text{C}$ で成膜し、 $200 \sim 400^\circ\text{C}$ の酸素または大気中のアニールにより成就した。

【0090】得られたTFTの電気的な特性はPTFTで移動度は $35 (\text{cm}^2/\text{Vs})$ 、 $V_{th}$ は $-5.9 (\text{V})$ で、NTFTで移動度は $90 (\text{cm}^2/\text{Vs})$ 、 $V_{th}$ は $4.8 (\text{V})$ であった。

【0091】上記の様な方法に従って作製された液晶電気光学装置用の一方の基板を得ることが出来た。他方の基板の作製方法は実施例1と同じであるので省略する。その後、前記第一の基板と第二の基板によって、ネマチック液晶組成物を挟持し、周囲をエポキシ性接着剤にて固定した。基板上のリードにTAB形状の駆動ICと共通信号、電位配線を有するPCBを接続し、外側に偏光板を貼り、透過型の液晶電気光学装置を得た。これと冷

陰極管を3本配置した後部照明装置、テレビ電波を受信するチューナーを接続し、壁掛けテレビとして完成させた。従来のCRT方式のテレビと比べて、平面形状の装置となったために、壁等に設置することも出来るようになった。この液晶テレビの動作は図1、図2に示したものと、実質的に同等な信号を液晶画素に印加することにより確認された。

【0092】

【発明の効果】本発明では、従来のアナログ方式の階調表示に対し、デジタル方式の階調表示を行うことを特徴としている。その効果として、例えば $640 \times 400$ ドットの画素数を有する液晶電気光学装置を想定したばあい、合計 $256,000$ 個のTFTすべての特性をばらつき無く作製することは、非常に困難を有し、現実的には量産性、歩留りを考慮すると、16階調表示が限界と考えられているのに対し、本発明のように、全くアナログ的な信号を加えることなく純粹にデジタル制御のみで階調表示することにより、256階調表示以上の階調表示が可能となった。完全なデジタル表示であるので、TFTの特性ばらつきによる階調の曖昧さは全くなくなり、したがって、TFTのばらつきが少々あっても、極めて均質な階調表示が可能であった。したがって、従来はばらつきの少ないTFTを得るために極めて歩留りが悪かったのに対し、本発明によって、TFTの歩留りがさほど問題とされなくなったため、液晶装置の歩留りは向上し、作製コストも著しく抑えることができた。

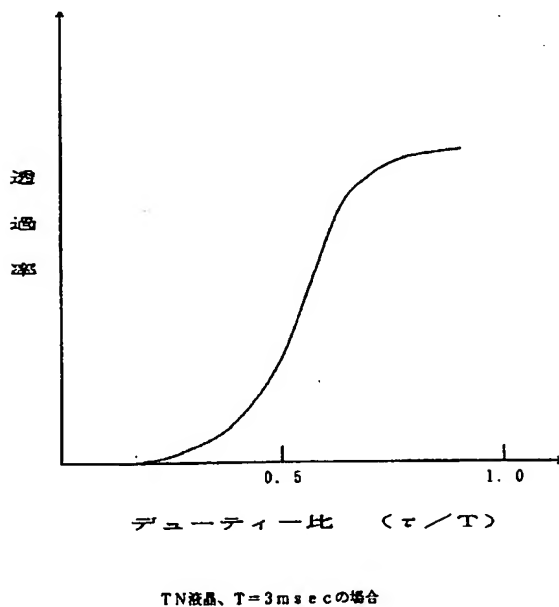
【0093】例えば $640 \times 400$ ドットの $256,000$ 組のTFTを $300 \text{ mm}$ 角に作成した液晶電気光学装置に対し通常のアナログ的な階調表示を行った場合、TFTの特性ばらつきが約 $\pm 10\%$ 存在するために、16階調表示が限界であった。しかしながら、本発明によるデジタル階調表示をおこなった場合、TFT素子の特性ばらつきの影響を受けにくいために、256階調表示まで可能になりカラー表示ではなんと16,777,216色の多彩であり微妙な色彩の表示が実現できている。テレビ映像の様なソフトを映す場合、例えば同一色からなる「岩」でもその微細な窪み等から微妙に色合いが異なる。自然の色彩に近い表示を行おうとした場合、16階調では困難を要する。本発明による階調表示によって、これらの微細な色調の変化を付けることが可能になった。

【0094】本発明の実施例では、シリコンを用いたTFTを中心に説明を加えたが、ゲルマニウムを用いたTFTも同様に使用できる。とくに、単結晶ゲルマニウムの電子移動度は $3600 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、ホール移動度は $1800 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ と、単結晶シリコンの値(電子移動度 $1350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、ホール移動度 $480 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ )の特性を上回っているため、高速動作が要求される本発明を実行する上で極めて優れた材料である。また、ゲルマニウムは非晶質状態から結晶状態へ遷

移する温度がシリコンに比べて低く、低温プロセスに向いている。また、結晶成長の際の核発生率が小さく、したがって、一般に、多結晶成長させた場合には大きな結晶が得られる。このようにゲルマニウムはシリコンと比べても遜色のない特性を有している。

【0095】本発明の技術思想を説明するために、主として液晶を用いた電気光学装置、特に表示装置を例として説明を加えたが、本発明の思想を適用するには、なにも表示装置である必要はなく、いわゆるプロジェクション型テレビやその他の光スイッチ、光シャッターであつてもよい。さらに、電気光学材料も液晶に限らず、電界、電圧等の電氣的な影響を受けて光学的な特性の変わるものであれば、本発明を適用できることは明らかであ\*

【図3】



＊ろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による駆動波形を示す。

【図2】 本発明による駆動波形を示す。

【図3】 本発明による階調表示特性の例を示す。

【図4】 本発明によるマトリクス構成の例を示す。

【図5】 実施例による素子の平面構造を示す。

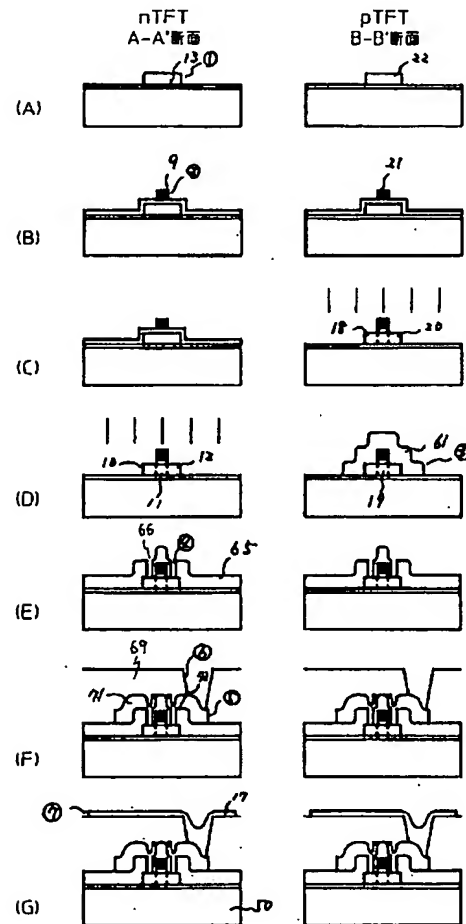
【図6】 実施例によるTFTのプロセスを示す。

【図7】 実施例によるカラーフィルターの工程を示す。

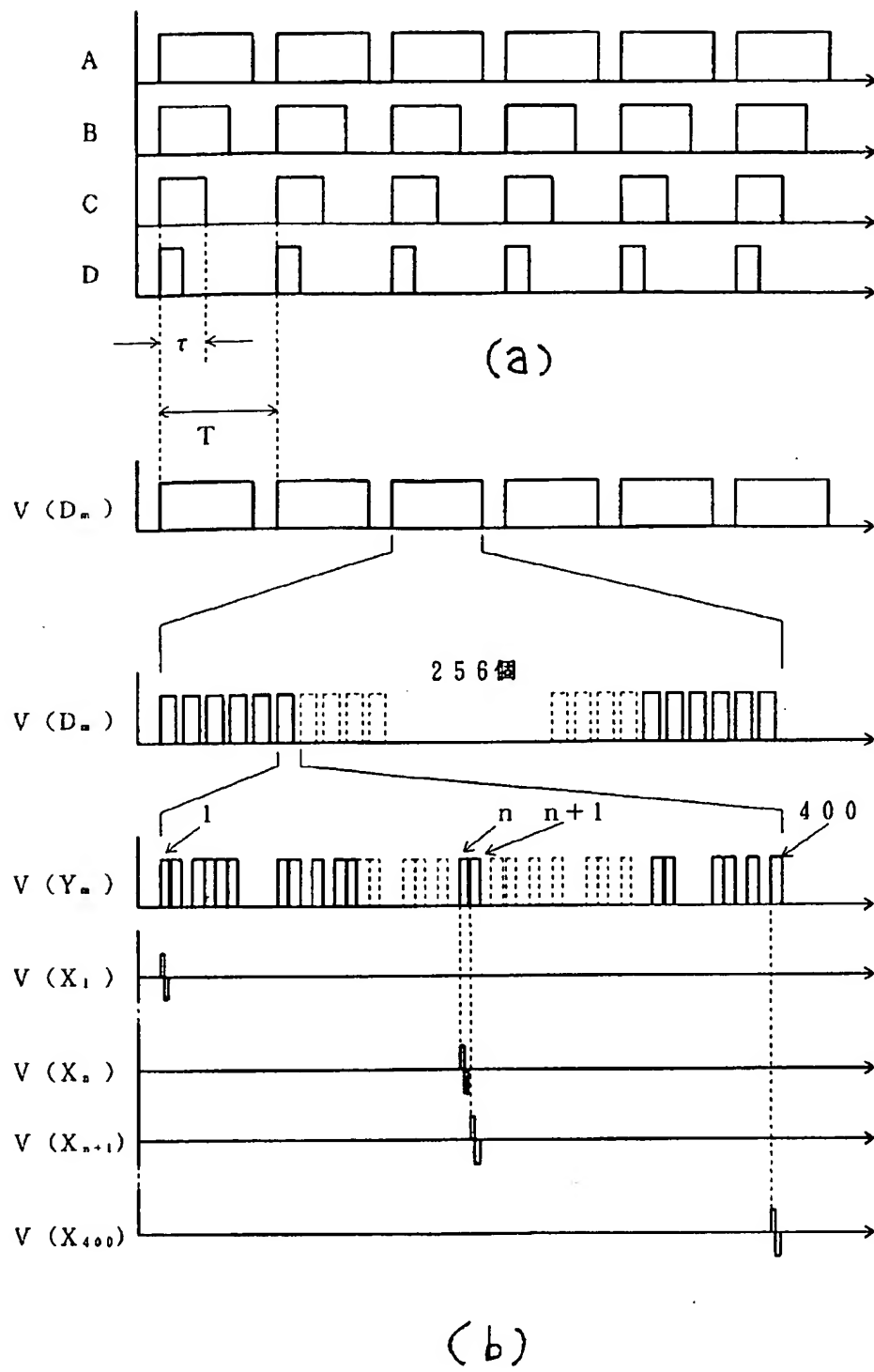
【図8】 実施例によるTFTのプロセスを示す。

【図9】 実施例によるTFTのプロセスを示す。

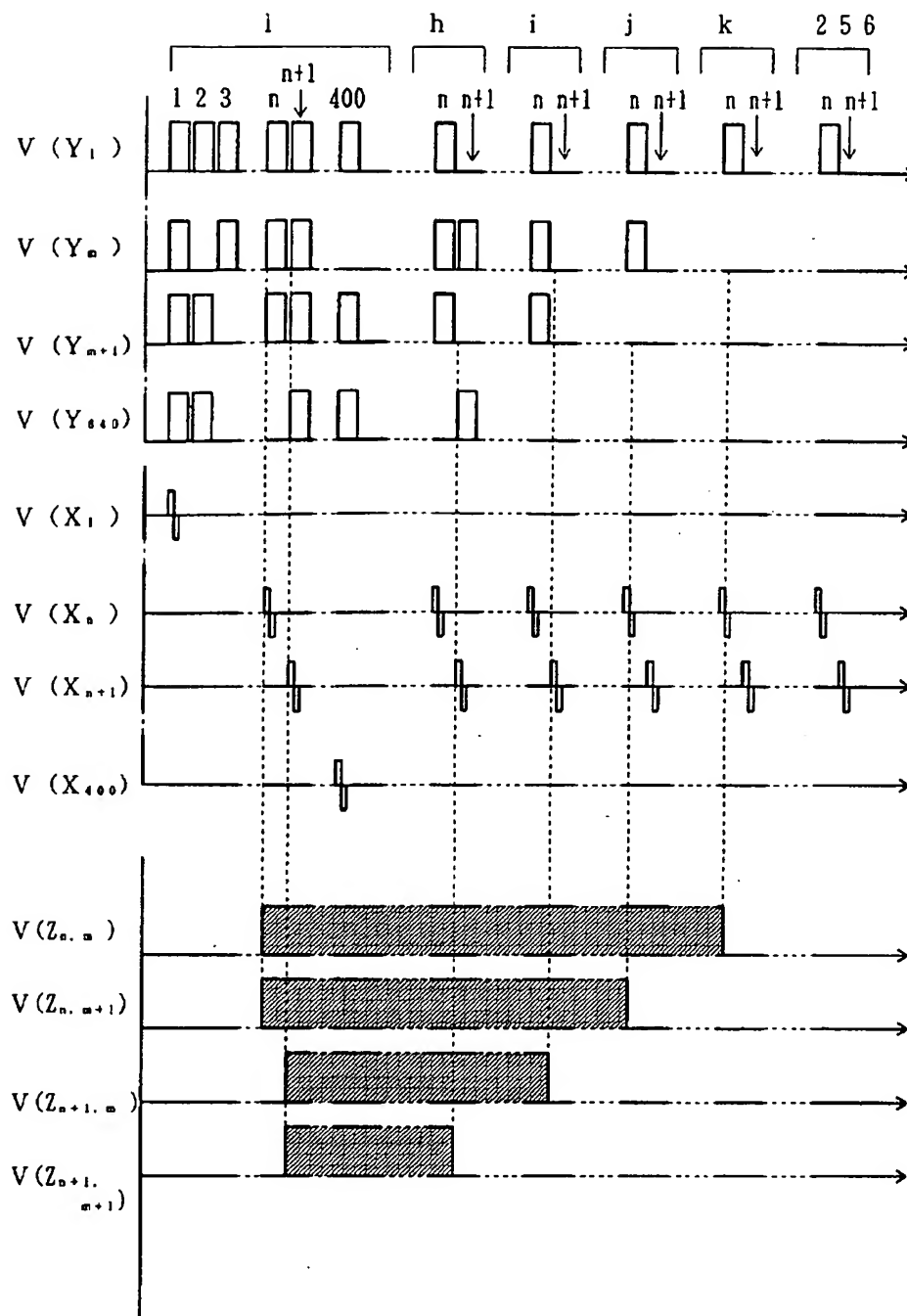
【図8】



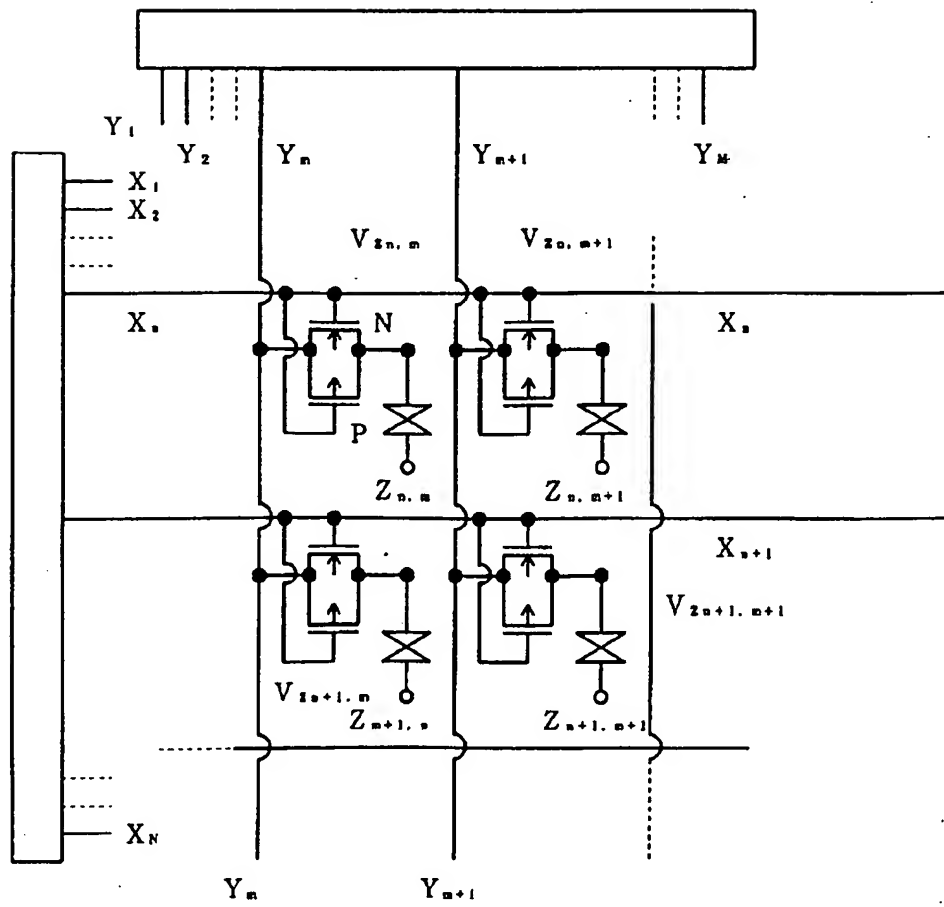
〔図1〕



【図2】

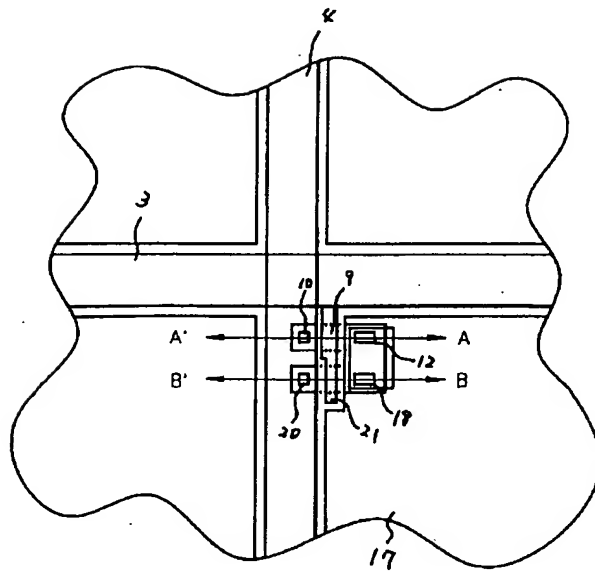


〔図4〕

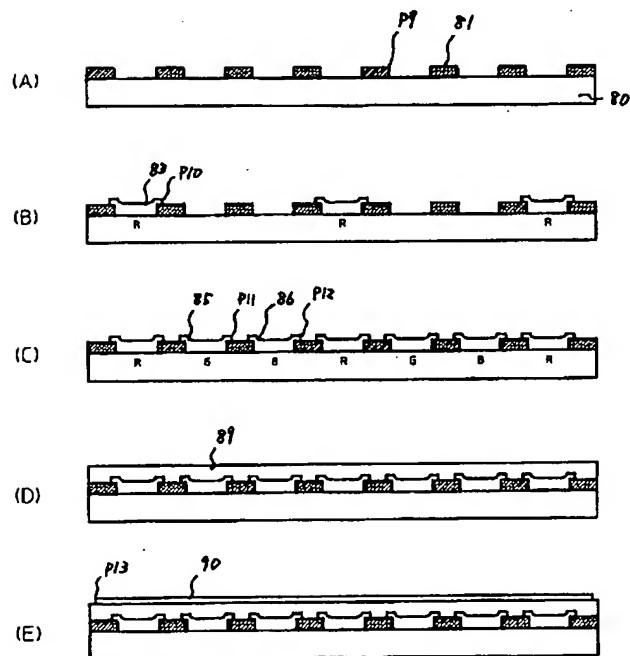




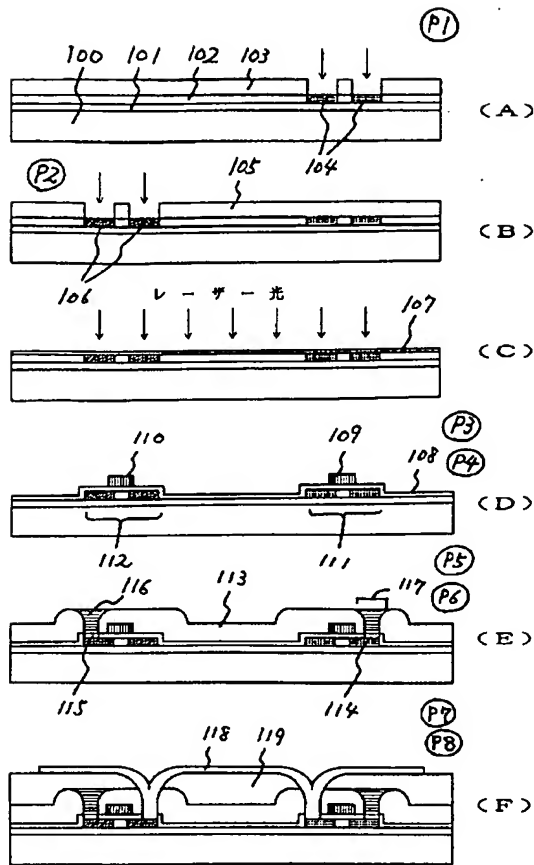
【図5】



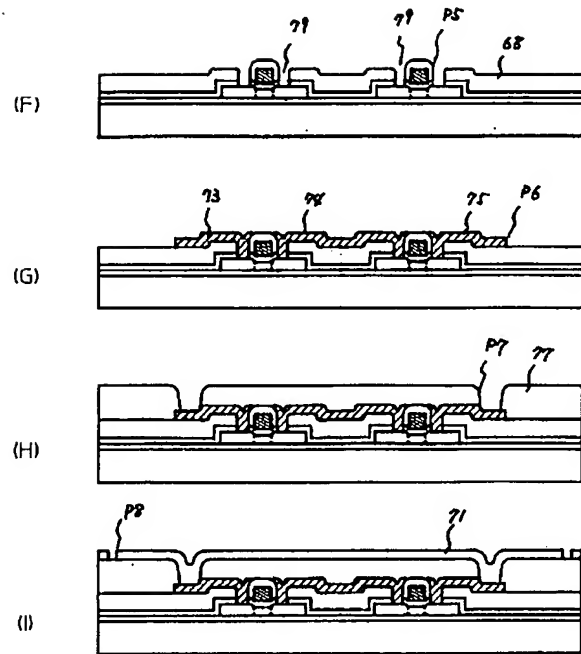
【図7】



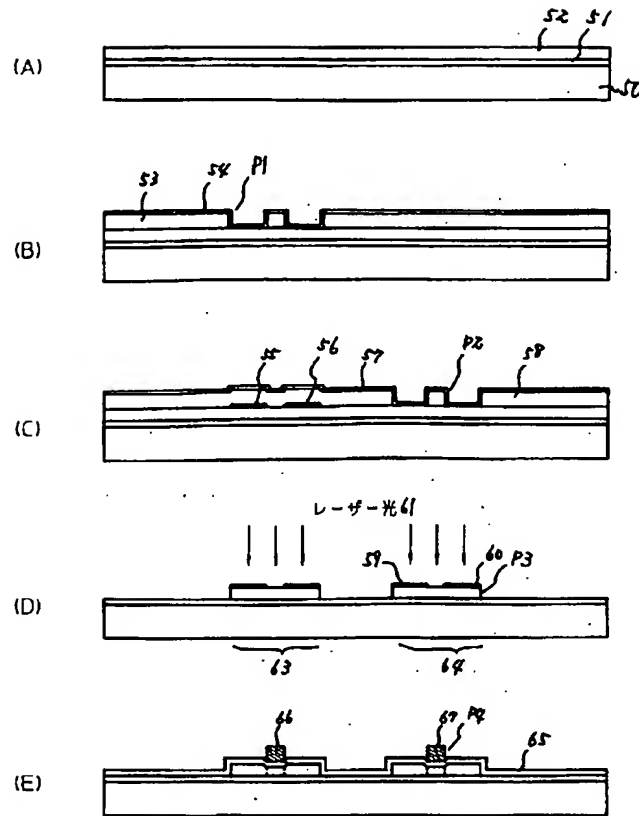
【図9】



【図6】



【図6】



## 【手続補正書】

【提出日】平成5年9月22日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による駆動波形を示す。

【図2】 本発明による駆動波形を示す。

【図3】 本発明による階調表示特性の例を示す。

【図4】 本発明によるマトリクス構成の例を示す。

【図5】 実施例による素子の平面構造を示す。

【図6】 実施例によるTFTのプロセスを示す。

【図7】 実施例によるTFTのプロセスを示す。

【図8】 実施例によるカラーフィルターの工程を示す。

【図9】 実施例によるTFTのプロセスを示す。

【図10】 実施例によるTFTのプロセスを示す。

【手続補正2】

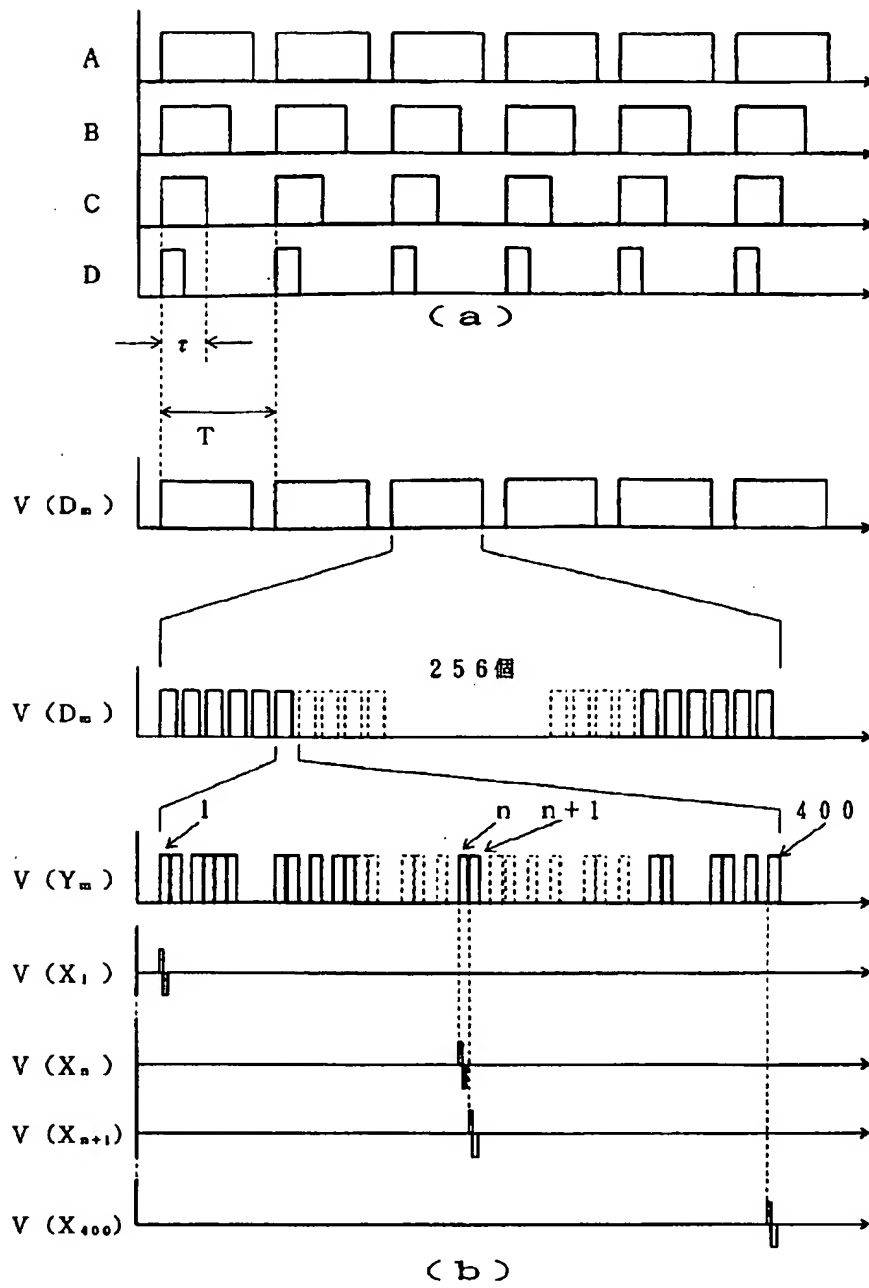
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

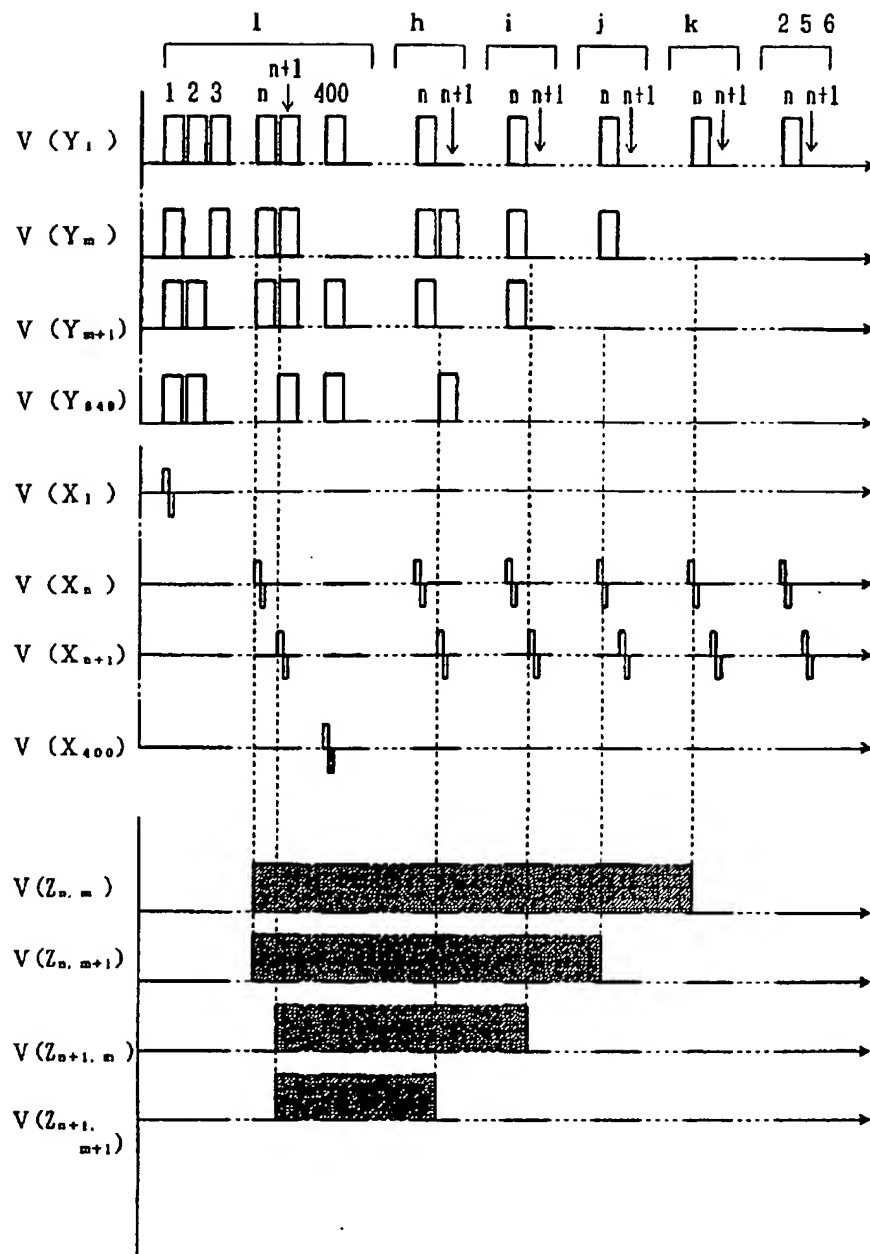
【補正方法】変更

【補正内容】

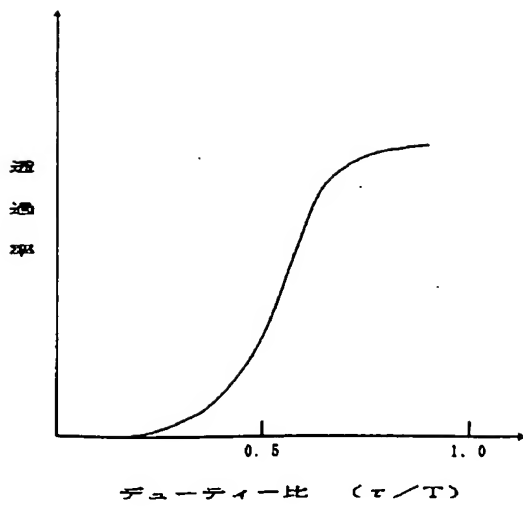
【図1】



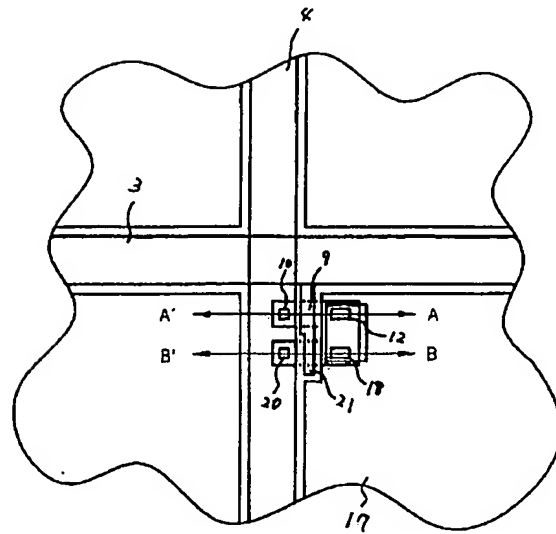
【図2】



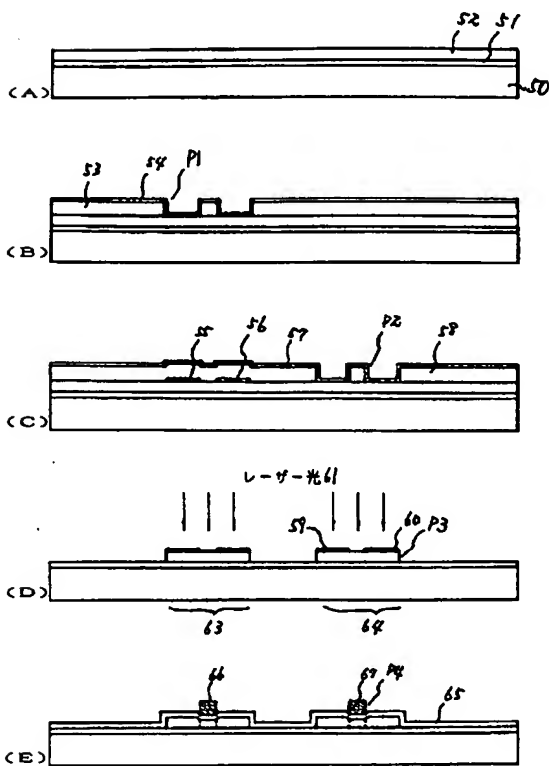
【図3】

TN液晶、 $T=3\text{msec}$ の場合

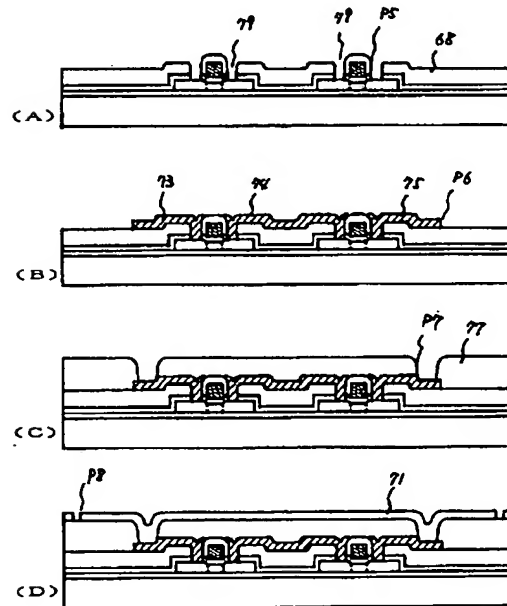
【図5】



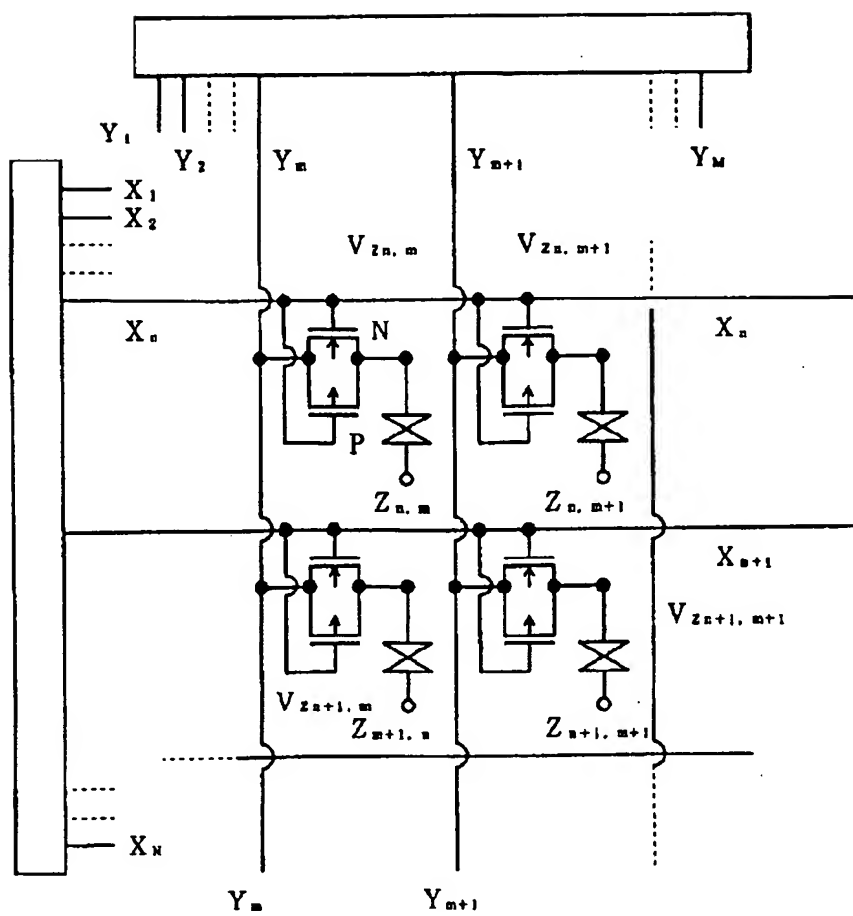
【図6】



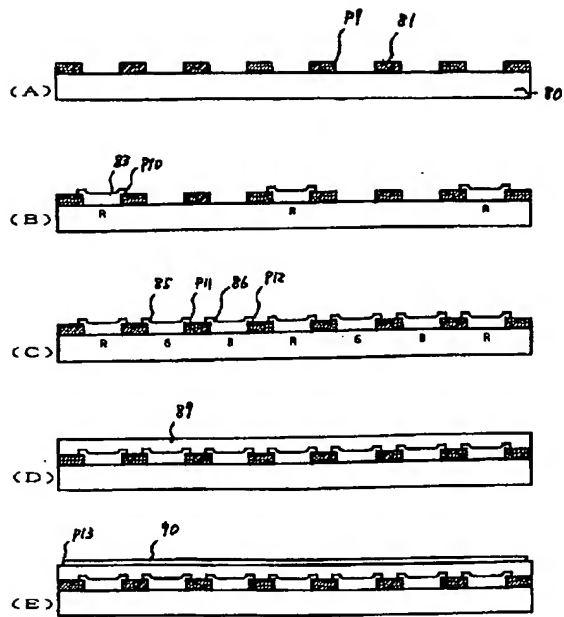
【図7】



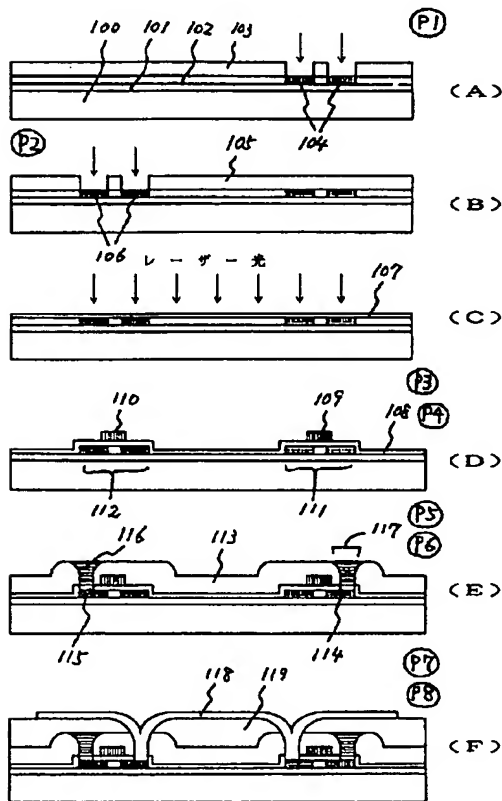
【図4】



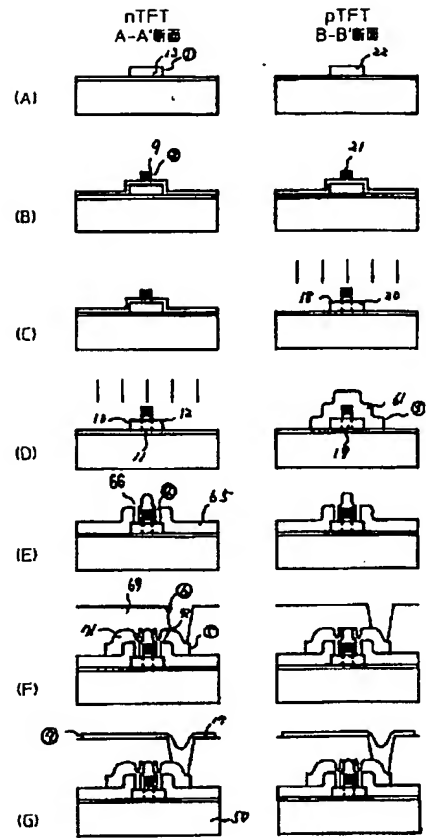
【図8】



【図10】



【図9】





フロントページの続き

(72)発明者 竹村 保彦  
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第6部門第2区分  
 【発行日】平成8年(1996)10月11日

【公開番号】特開平6-123873  
 【公開日】平成6年(1994)5月6日  
 【年通号数】公開特許公報6-1239  
 【出願番号】特願平3-157506  
 【国際特許分類第6版】

G02F 1/133 550  
 575  
 1/136 500

G09G 3/36

【FI】

G02F 1/133 550 8708-2K  
 575 8708-2K  
 1/136 500 8708-2K  
 G09G 3/36 9378-5G

【手続補正書】

【提出日】平成7年3月29日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】電気光学装置の駆動方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】画素と、

信号線と、

ソース、ドレインの一方が前記信号線に、他方が前記画素に接続しているNチャンネル型トランジスタと、

ソース、ドレインの一方が前記信号線に、他方が前記画素に接続しているPチャンネル型トランジスタとによって構成された電気光学装置の駆動方法に関し、

時間 $T_0$ から $T_1$ まで持続する信号を前記信号線に印加しつつ、この間に、パルス幅が $(T_1 - T_0)$ 以下である正および負の少なくとも2つのパルスを、前記Nチャンネル型トランジスタと前記Pチャンネル型トランジスタのゲイトに印加する過程と、

時間 $T_2$ から $T_3$  ( $T_1 < T_2 < T_3$ )までは前記信号線には何ら信号を印加せず、この間に、パルス幅が $(T_3 - T_2)$ 以下である正および負の少なくとも2つのパルスを、前記Nチャンネル型トランジスタと前記Pチャンネル型トランジスタのゲイトに印加する過程と、を有することを特徴とする電気光学装置の駆動方法。

【請求項2】少なくとも時間 $T_1$ から $T_2$ まで画素が電圧状態であることを特徴とする請求項1記載の電気光学装置の駆動方法。

【請求項3】前記信号線には矩形パルスが印加されることを特徴とする請求項1記載の電気光学装置の駆動方法。

【請求項4】信号線と、走査線と、該信号線と走査線に接続された薄膜トランジスタと、該薄膜トランジスタに接続された画素とを有するアクティブマトリクス回路において、

時間 $T_0$ から $T_1$ まで持続する信号を信号線の1つに印加しつつ、この間に、パルス幅が $(T_1 - T_0)$ 以下であるバイポーラ・パルスを、走査線の1つに印加する過程と、

時間 $T_2$ から $T_3$  ( $T_1 < T_2 < T_3$ )までは前記信号線には何ら信号を印加せず、この間に、パルス幅が $(T_3 - T_2)$ 以下であるバイポーラ・パルスを、前記走査線に印加する過程と、を有することを特徴とする電気光学装置の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の利用分野】本発明は、駆動用スイッチング素子として薄膜トランジスタ(以下TFTという)を使用した液晶電気光学装置における画像表示方法において、特に中間的な色調や濃淡の表現を得るための階調表示方法に関するものである。本発明は、特に、外部からいかなるアナログ信号をもアクティブ素子に印加することなく、階調表示をおこなう、いわゆる完全デジタル階調表示に関するものである。

【0002】

【従来の技術】液晶組成物はその物質特性から、分子軸に対して水平方向と垂直方向に誘電率が異なるため、外部の電解に対して水平方向に配列したり、垂直方向に配

列したりさせることが容易にできる。液晶電気光学装置は、この誘電率の異方性を利用して、光の透過量または散乱量を制御することでON/OFF、すなわち明暗の表示をおこなっている。液晶材料としては、TN（ツイステッド・ネマティック）液晶、STN（スーパー・ツイステッド・ネマティック）液晶、強誘電性液晶、ポリマー液晶あるいは分散型液晶とよばれる材料が知られている。

【0003】液晶は外部電圧に対して、無限に短い時間に反応するのではなく、応答するまでにある一定の時間がかかることが知られている。その値はそれぞれの液晶材料に固有で、TN液晶の場合には、数10msec、STN液晶の場合には数100msec、強誘電性液晶の場合には数100μsec、分散型あるいはポリマー液晶の場合には数10msecである。

【0004】液晶を利用した電気光学装置のうちでもっとも優れた画質が得られるものは、アクティブマトリクス方式を用いたものであった。従来のアクティブマトリクス型の液晶電気光学装置では、アクティブ素子として薄膜トランジスタ（TFT）を用い、TFTにはアモルファスまたは多結晶型の半導体を用い、1つの画素にP型またはN型のいずれか一方のみのタイプのTFTを用いたものであった。即ち、一般にはNチャネル型TFT（NTFTという）を画素に直列に連結している。そして、マトリクスの信号線に信号電圧を流し、それぞれの信号線の直交する箇所に設けられたTFTに双方から信号が印加されるとTFTがON状態となることを利用して液晶画素のON/OFFを個別に制御するものであった。このような方法によって画素の制御をおこなうことによって、コントラストの大きい液晶電気光学装置を実現することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このようなアクティブマトリクス方式では、明暗や色調といった、階調表示をおこなうことは極めて難しかった。従来、階調表示は液晶の光透過性が、印加される電圧の大きさによって変わることを利用する方式が検討されていた。これは、例えば、マトリクス中のTFTのソース・ドレイン間に、適切な電圧を周辺回路から供給し、その状態でゲート電極に信号電圧を印加することによって、液晶画素にその大きさの電圧をかけようとするものであった。

【0006】しかしながら、このような方法では、例えば、TFTの不均質性やマトリクス配線の不均質性のために、実際には液晶画素にかかる電圧は、各画素によって、最低でも数%も異なってしまった。これに対し、例えば、液晶の光透過度の電圧依存性は、極めて非線型性が強く、ある特定の電圧で急激に光透過性が変化するため、たとえ数%の違いでも、光透過性が著しく異なってしまうことがあった。そのため、実際には16階調を達

成することが限界であった。

【0007】このように階調表示が困難であるということは、液晶ディスプレイ装置が従来の一般的な表示装置であるCRT（陰極線管）と競争してゆく上で極めて不利であった。本発明は従来、困難であった階調表示を実現させるための全く新しい方法を提案することを目的とするものである。

【0008】

【問題を解決するための手段】さて、液晶にかかる電圧をアナログ的に制御することによって、その光透過性を制御することが可能であることを先に述べたが、本発明人らは、液晶に電圧のかかっている時間を制御することによって、視覚的に階調を得ることができることを見出した。

【0009】例えば、代表的な液晶材料であるTN（ツイステッド・ネマチック）液晶を用いた場合において、例えば、図1（a）において、Aで示されるような矩形パルスを印加する場合と、Cで示されるような矩形パルスを印加する場合を比べて見ると、Aの方が明るいことを見出した。ここで、パルスの周期は1msecとした。結果的には、Aが最も明るく、以下、B、C、Dの順であった。このことは全く予想外のことである。なぜならば、通常の上記のTN液晶材料においては、1msecという時間はあまりにも短く、そのような短時間にはTN液晶は反応しないのである。したがって、いずれの場合にも液晶はON状態を実現することは不可能なはずである。しかしながら、実際には液晶は中間的な濃さを実現できた。

【0010】その具体的な原理についてはまだ詳細にわかっていない。しかしながら、本発明人らは、この現象を利用して階調表現が可能であることを見いだしたのである。すなわち、液晶材料が反応しないような周期で液晶材料にパルスを印加するときにパルスの幅を制御することによって、中間的な明るさをデジタル制御で実現することが、まさに本発明の特徴とするものである。本発明人らの研究の結果、このような中間的な濃度を得るためのパルスの周期はTN液晶の場合には10msec以下が必要であることがわかった。

【0011】ここで、パルスの周期という語句について、その意味を明確にする。すなわち、この場合には、複数のパルスを連続的に液晶に印加するのであるが、この場合のパルスの周期とは、1つのパルスが始まってから、次のパルスが始まるまでの間の時間のことをいう。したがって、パルスの繰り返し周波数の逆数となる。また、パルス幅とは、パルスが電圧状態にある時間のことをいう。したがって、図1において、例えばCのパルス列の場合には、Tがパルスの周期であり、τがパルス幅である。

【0012】同様な効果は、STN液晶においても、強誘電性液晶においても、また、ポリマー液晶あるいは分

散型液晶においても見られた。いずれも、その応答時間よりも短い周期のパルスを加えることによって、中間的な色調が得られることが明らかになった。すなわち、STN液晶においては、100 msec以下、のぞましくは10 msec以下、強誘電性液晶においては100  $\mu$  sec以下、のぞましくは10  $\mu$  sec以下、ポリマー液晶あるいは分散型液晶においては10 msec以下、のぞましくは1 msec以下の周期のパルスを加えることによって、階調表示が得られた。

【0013】通常は、テレビ等の画像では1秒間に30枚の静止画が次々に繰り出されて動画を形成する。したがって、1枚の静止画が継続する時間は約30 msecである。この時間は人間の目にはあまりにも早すぎて、文字通り「目にも止まらない」時間であり、結果として、視覚的には静止画を1枚1枚識別することはできない。ともかく、通常の動画を得るには、1枚の静止画は長くても100 msec以上継続することはできない。

【0014】本発明を利用して256階調の階調表示をおこなうとすれば、例えば、 $T=3\text{ msec}$ とすれば、この3 msecの時間を、少なくとも256分割しうるパルス電圧印加方法、を画素に電圧を印加する方法として採用する必要がある。すなわち、最短で3 msec/256=11.7  $\mu$  secのパルス状の電圧が画素にかかるような回路を組む必要がある。実際には、図3に示すように、パルスのデューティ比 $\tau/T$ と液晶画素の光透過性は非線型的な関係であり、256階調を得るためには、さらに、パルスのデューティ比を細かく制御することが必要である。

【0015】しかも、実際の画像表示をおこなう場合には、他の画素も考慮しなければならない。実際の画像表示装置では、例えば400行もの行がある。すなわち、後に述べるように、マトリクスのアクティブ素子は100 nsecという極短応答性が求められる。そこで、そのような短時間応答性を有する回路の例を図4に示し、以下、その説明をする。

【0016】図4は本発明を実施するために必要な液晶表示装置のアクティブマトリクスの回路の例を示す。本発明では、アクティブ素子は100 nsec以下の短時間で応答することが要求されるので高速動作する回路を組む必要がある。そのためには従来のようにNTFTあるいはPTFTだけでスイッチングをおこなうのではなく、図4に示されるようにNTFTとPTFTとが相補的に動作するように構成された、変形トランスファークゲイト型の回路を用いることが必要である。この例では $N \times M$ のマトリクスの例を示したものであるが、煩雑さをさけるために、そのうちの $n$ 行 $m$ 列近傍のみを示した。これと同じものを上下左右に展開すれば完全なものが得られる。

【0017】図4には、4つの変形トランスファークゲイトが描かれているが、各変形トランスファークゲイト

のソースは $Y_m$ あるいは $Y_{m+1}$ （以下、 $Y$ 線と総称する）に接続され、また、各変形トランスファークゲイトのゲイトは $X_n$ あるいは $X_{n+1}$ （以下、 $X$ 線と総称する）に接続されている。また、各変形トランスファークゲイトのドレインは液晶画素 $Z_{n,m}$ 、 $Z_{n,m+1}$ 、 $Z_{n+1,m}$ 、 $Z_{n+1,m+1}$ に接続されている。変形トランスファークゲイトにおいて、NTFTとPTFTは対称なので、その位置は入れ替わってもよい。

【0018】次に、このような回路を用いた場合の回路の動作例を図1(b)および図2を用いて説明する。このマトリクス回路は図1(a)に示されるようなパルス状の電圧を液晶セルに印加するように動作する必要がある。そこで、このようなパルスを発生するために $X$ 線および $Y$ 線に印加される信号電圧の概要を図1(b)に示す。例として、400 $\times$ 640のマトリクスを考える。

【0019】 $Y$ 線に印加される信号は、例えば $Y_m$ 線の場合は、 $V(Y_m)$ で示されるが、これは、周期 $T$ で繰り返されるひとまとまりのパルスの中に、実は256個のパルス（以下、サブパルスという）が含まれており、さらにその256個のサブパルスのそれぞれは、400個の要素が入ったパルス列から構成されていることがわかる。ここで、400という数字はマトリクスの行数である。したがって、 $Y$ 線に印加されるパルスの最小単位は $T=3\text{ msec}$ とすれば、29 nsecである。

【0020】一方、 $X$ 線には、時間 $T/256$ の間に、図の $V(X_1)$ 、 $V(X_2)$ 、 $V(X_{n+1})$ 、 $V(X_{400})$ で示されるような、極性が少なくとも1回反転するパルス（以下、バイポーラ・パルスという）が、それぞれのタイミングをずらして印加される。バイポーラ・パルスは、上記 $Y$ 線に印加されるパルスの最小単位パルスよりもさらに短い必要がある。結局、時間 $T$ の間には、各 $X$ 線には、256回バイポーラ・パルスが印加される。

【0021】次に、実際の回路の動作を図2に基づいて説明する。まず、第1のサブパルスがそれぞれの $Y$ 線に印加される。当然のことながら、これらのサブパルスは $Y$ 線ごとに異なる。一方、 $X$ 線には、先に述べたように、バイポーラ・パルスが最初に $X_1$ 、次に $X_2$ というように順々に印加されてゆく。まず、バイポーラ・パルスが $X_1$ に印加されたときを考える。このとき、画素 $Z_{1,m}$ に接続されている、アクティブ素子はON状態となる。そして、このアクティブ素子に接続されている $Y$ 線は電圧が印加された状態であるので、画素 $Z_{1,m}$ は充電される。そして、 $Y$ 線の電圧がゼロとなる前にバイポーラ・パルスは切られるので、結局、画素 $Z_{1,m}$ には電荷が残され、電圧状態を保つ。同様に、 $Z_{1,m+1}$ も $Z_{1,n+1}$ も $Z_{1,400}$ も、電圧状態となる。

【0022】このようにして、バイポーラ・パルスが順々に印加されてゆき、 $X_n$ に印加された場合を考える。今、4つの画素 $Z_{n,m}$ 、 $Z_{n,m+1}$ 、

$Z_{n+1, m}$ 、 $Z_{n+1, m+1}$ に注目しているとすれば、 $Y_m$ および $Y_{m+1}$ の第1のサブパルスの $n$ 番目および $(n+1)$ 番目に注目すればよい。 $Y_m$ も $Y_{m+1}$ も $n$ 番目にはパルスがあるので、画素 $Z_{n, m}$ 、 $Z_{n, m+1}$ は電圧状態になる。ついで、 $X_{n+1}$ にバイポーラ・パルスが印加される。 $Y_m$ も $Y_{m+1}$ も $(n+1)$ 番目にはパルスがあるので、この場合も画素 $Z_{n+1, m}$ 、 $Z_{n+1, m+1}$ は充電状態となる。

【0023】次に、図では省略されているが、第2のサブパルスが来たものとする。このとき、 $Y_m$ も $Y_{m+1}$ も $n$ 番目および $(n+1)$ 番目にはパルスがあったならば、充電状態がなくなり、以上4つの画素は引き続き電圧状態を継続する。その後、第 $(h-1)$ のサブパルスまでは、4つの画素とも電圧状態が継続したものとする。

【0024】次に、サブパルスが進んで、第 $h$ のサブパルスが来たものとする。図では煩雑さを避けるために $n$ 番目および $(n+1)$ 番目以外のパルスは省略した。このとき、 $Y_m$ も $Y_{m+1}$ も $n$ 番目にはパルスがあるので、画素 $Z_{n, m}$ 、 $Z_{n, m+1}$ は電圧状態を継続する。しかし、 $Y_{m+1}$ には $(n+1)$ 番目のパルスがなかったため、画素 $Z_{n+1, m}$ は電圧状態が継続するものの、画素 $Z_{n+1, m+1}$ は、アクティブ素子のゲートがONになった状態で、外部からの電圧の供給がないので、蓄えられていた電荷が放出され、電圧状態は中断される。

【0025】さらに、第 $i$ のサブパルスが来たときには、 $Y_m$ の $(n+1)$ 番目のパルスの電圧がゼロであったので、 $Z_{n+1, m}$ の充電状態は解除される。以下、第 $j$ および第 $k$ のサブパルスにおいて、それぞれ、 $Y_{m+1}$ 、 $Y_m$ の $n$ 番目の信号がゼロであったので、画素 $Z_{n, m}$ 、 $Z_{n, m+1}$ の充電状態がそれぞれ、第 $k$ 、第 $j$ のサブパルス中に中断される。このような過程を経ることによって、図2の $V(Z)$ に示すように、各画素ごとに電圧状態の時間をデジタル的にコントロールできる。

【0026】このような動作を繰り返すことにより、各画素に加わる電圧パルスの幅を図1(a)のように任意に制御することができる。以上の説明から明らかなように、本発明を実施するにあたっては、上記のようなサブパルスは、明確に定義できるパルス状のものでなければならぬわけではない。説明を簡単にするために、サブパルスという概念を持ち出したが、特に、サブパルスとサブパルスの間が明確でなく、信号としては、ほとんど境界のないものであっても、本発明を実施できることはあきらかである。

【0027】同様に、前記サブパルス内に含まれる多数のパルスについても、これらが、独立したパルスである必要はなんらなく、ON/OFFが組み合わされた1連の信号であってもよい。さらに、説明をわかりやすくす

るために、信号のゼロレベルと電圧レベルを明確にしたが、これは、液晶のしきい値電圧以下であるか、以上であるかという問題だけであるので、絶対にゼロである必要はない。

【0028】以上のことを一般的な表現で置き換えると、本発明は、時間 $T_0$ から $T_1$ まで持続する信号を信号線 $Y$ 線の少なくとも1つに印加しつつ、この間に、パルス幅が $(T_1 - T_0)$ 以下である正および負の少なくとも2つのパルスを、前記Nチャネル型トランジスタと前記Pチャネル型トランジスタのゲートに印加する過程と、時間 $T_2$ から $T_3$  ( $T_1 < T_2 < T_3$ )までは前記 $Y$ 線には何ら信号を印加せず、この間に、パルス幅が $(T_3 - T_2)$ 以下である正および負の少なくとも2つのパルスを、前記Nチャネル型トランジスタと前記Pチャネル型トランジスタのゲートに印加する過程と、を有することを特徴とする、と表現できる。

【0029】また、本発明の他の表現では、時間 $T_0$ から $T_1$ まで持続する信号を信号線 $Y$ 線の少なくとも1つに印加しつつ、この間に、パルス幅が $(T_1 - T_0)$ 以下であるバイポーラ・パルスを、走査線である $X$ 線の1つに印加する過程と、時間 $T_2$ から $T_3$  ( $T_1 < T_2 < T_3$ )までは前記 $Y$ 線には何ら信号を印加せず、この間に、パルス幅が $(T_3 - T_2)$ 以下であるバイポーラ・パルスを、前記 $X$ 線に印加する過程と、を有することを特徴とするとも表現できる。

【0030】

【実施例1】「実施例1」 本実施例では図4に示すような回路構成を用いた液晶表示装置を用いて、壁掛けテレビを作製したので、その説明をおこなう。またその際のTFTは、レーザーアニールを用いた多結晶珪素とした。この回路構成に対応する実際の電極等の配置構成を1つの画素について、図5に示している。まず、本実施例で使用する液晶パネルの作製方法を図6および図7を使用して説明する。

【0031】図6(A)において、石英ガラス以外の高価でない700℃以下、例えば約600℃の熱処理に耐え得るガラス50上にマグネトロンRF(高周波)スパッタ法を用いてブロッキング層51としての酸化珪素膜を1000~3000Åの厚さに作製する。プロセス条件は酸素100%雰囲気、成膜温度150℃、出力400~800W、圧力0.5Paとした。ターゲットに石英または単結晶珪素を用いた成膜速度は30~100Å/分であった。

【0032】この上に珪素膜をプラズマCVD法により珪素膜52を作製した。成膜温度は250℃~350℃でおこない、本実施例では320℃とし、モノシラン( $SiH_4$ )を用いた。モノシラン( $SiH_4$ )に限らず、ジシラン( $Si_2H_6$ )またトリシラン( $Si_3H_8$ )を用いてもよい。これらをPCVD装置内に3Paの圧力で導入し、13.56MHzの高周波電力を加え

て成膜した。この際、高周波電力は $0.02 \sim 0.10 \text{ W/cm}^2$ が適当であり、本実施例では $0.055 \text{ W/cm}^2$ を用いた。また、モノシラン( $\text{SiH}_4$ )の流量は $20 \text{ SCCM}$ とし、その時の成膜速度は約 $120 \text{ Å/分}$ であった。PTFTとNTFTとのスレッショールド電圧( $V_{th}$ )を概略同一に制御するため、ホウ素をジボランを用いて $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の濃度として成膜中に添加してもよい。

【0033】またTFTのチャネル領域となる珪素層の成膜にはこのプラズマCVDだけでなく、スパッタ法、減圧CVD法を用いても良く、以下にその方法を簡単に述べる。スパッタ法でおこなう場合、スパッタ前の背圧を $1 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ 以下とし、単結晶珪素をターゲットとして、アルゴンに水素を $20 \sim 80\%$ 混入した雰囲気でおこなった。例えばアルゴン $20\%$ 、水素 $80\%$ とした。成膜温度は $150^\circ\text{C}$ 、周波数は $13.56 \text{ MHz}$ 、スパッタ出力は $400 \sim 800 \text{ W}$ 、圧力は $0.5 \text{ Pa}$ であった。

【0034】減圧気相法で形成する場合、結晶化温度よりも $100 \sim 200^\circ\text{C}$ 低い $450 \sim 550^\circ\text{C}$ 、例えば $530^\circ\text{C}$ でジシラン( $\text{Si}_2\text{H}_6$ )またはトリシラン( $\text{Si}_3\text{H}_8$ )をCVD装置に供給して成膜した。反応炉内圧力は $30 \sim 300 \text{ Pa}$ とした。成膜速度は $50 \sim 250 \text{ Å/分}$ であった。PTFTとNTFTとのスレッショールド電圧( $V_{th}$ )を概略同一に制御するため、ホウ素をジボランを用いて $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の濃度として成膜中に添加してもよい。

【0035】これらの方法によって形成された被膜は、酸素が $5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましい。結晶化を助長させるためには、酸素濃度を $7 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下とすることが望ましいが、少なすぎると、バックライトによりオフ状態のリーク電流が増加してしまうため、この濃度を選択した。この酸素濃度が高いと、結晶化させにくく、レーザーアニール温度を高くまたはレーザーアニール時間を長くしなければならない。水素は $4 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ であり、珪素 $4 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ として比較すると1原子%であった。

【0036】また、ソース・ドレインに対してより結晶化を助長させるため、酸素濃度を $7 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下とし、ピクセル構成するTFTのチャネル形成領域のみに酸素をイオン注入法により $5 \times 10^{20} \sim 5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ となるように添加してもよい。上記方法によって、アモルファス状態の珪素膜を $500 \sim 5000 \text{ Å}$ 、本実施例では $1000 \text{ Å}$ の厚さに成膜した。

【0037】その後、図6(B)に示すように、フォトリソレジスト53をマスクP1を用いてソース・ドレイン領域のみ開孔したパターンを形成した。その上に、プラズマCVD法によりn型の活性層となる珪素膜54を作製

した。成膜温度は $250^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$ でおこない、本実施例では $320^\circ\text{C}$ とし、モノシラン( $\text{SiH}_4$ )とモノシランベースのフォスフィン( $\text{PH}_3$ ) $3\%$ 濃度のものを用いた。これらをPCVD装置内 $5 \text{ Pa}$ の圧力で導入し、 $13.56 \text{ MHz}$ の高周波電力を加えて成膜した。この際、高周波電力は $0.05 \sim 0.20 \text{ W/cm}^2$ が適当であり、本実施例では $0.120 \text{ W/cm}^2$ を用いた。

【0038】この方法によって出来上がったn型珪素層の比導電率は $2 \times 10^{-1} [\Omega \text{ cm}^{-1}]$ 程度となった。膜厚は $50 \text{ Å}$ とした。その後リフトオフ法を用いて、レジスト53を除去し、ソース・ドレイン領域55、56を形成した。同様のプロセスを用いて、p型の活性層を形成した。その際の導入ガスは、モノシラン( $\text{SiH}_4$ )とモノシランベースのジボラン( $\text{B}_2\text{H}_6$ ) $5\%$ 濃度のものを用いた。これらをPCVD装置内に $4 \text{ Pa}$ の圧力で導入し、 $13.56 \text{ MHz}$ の高周波電力を加えて成膜した。この際、高周波電力は $0.05 \sim 0.20 \text{ W/cm}^2$ が適当であり、本実施例では $0.120 \text{ W/cm}^2$ を用いた。この方法によって出来上がったp型珪素層の比導電率は $5 \times 10^{-2} [\Omega \text{ cm}^{-1}]$ 程度となった。膜厚は $50 \text{ Å}$ とした。(図6(C))

【0039】その後N型領域と同様にリフトオフ法を用いて、ソース・ドレイン領域59、60を形成した。その後、マスクP3を用いて珪素膜52をエッチング除去し、Nチャネル型薄膜トランジスタ用アイランド領域63とPチャネル型薄膜トランジスタ用アイランド領域64を形成した。

【0040】その後XeClエキシマレーザーを用いて、ソース・ドレイン・チャネル領域をレーザーアニールすると同時に、活性層にレーザードーピングをおこなった。この時のレーザーエネルギーは、閾値エネルギーが $130 \text{ mJ/cm}^2$ で、膜厚全体が溶融するには $220 \text{ mJ/cm}^2$ が必要となる。しかし、最初から $220 \text{ mJ/cm}^2$ 以上のエネルギーを照射すると、膜中に含まれる水素が急激に放出されるために、膜の破壊が起きる。そのために低エネルギーで最初に水素を追い出した後に溶融させる必要がある。本実施例では最初 $150 \text{ mJ/cm}^2$ で水素の追い出しをおこなった後、 $230 \text{ mJ/cm}^2$ で結晶化をおこなった。(図6(D))

【0041】この上に酸化珪素膜をゲイト絶縁膜として $500 \sim 2000 \text{ Å}$ 例えば $1000 \text{ Å}$ の厚さに形成した。これはブロッキング層としての酸化珪素膜の作製と同一条件とした。この成膜中に弗素を少量添加し、ナトリウムイオンの固定化をさせてもよい。

【0042】この後、この上側にリンが $1 \sim 5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ の濃度に入った珪素膜またはこの珪素膜とその上にモリブデン(Mo)、タングステン(W)、 $\text{MoSi}_2$ または $\text{WSi}_2$ との多層膜を形成した。これを

第4のフォトマスクP4にてパターンニングして図6

(E)を得た。NTFT用のゲイト電極66、PTFT用のゲイト電極67を形成した。例えばチャンネル長 $7\mu\text{m}$ 、ゲイト電極としてリンドープ珪素を $0.2\mu\text{m}$ 、その上にモリブデンを $0.3\mu\text{m}$ の厚さに形成した。(図6(E))

【0043】また、ゲート電極材料としてアルミニウム(A1)を用いた場合、これを第4のフォトマスク69にてパターンニング後、その表面を陽極酸化することで、セルフライン工法が適用可能なため、ソース・ドレインのコンタクトホールをよりゲートに近い位置に形成することが出来るため、移動度、スレッショールド電圧の低減からさらにTFTの特性を上げることができる。

【0044】かくすると、 $400^{\circ}\text{C}$ 以上にすべての工程で温度を加えることがなくC/TFTを作ることができる。そのため、基板材料として、石英等の高価な基板を用いなくてもよく、本発明の大画面の液晶表示装置にきわめて適したプロセスであるといえる。

【0045】図7(A)において、層間絶縁物68を前記したスパッタ法により酸化珪素膜の形成としておこなった。この酸化珪素膜の形成はLPCVD法、光CVD法、常圧CVD法を用いてもよい。例えば $0.2\sim 0.6\mu\text{m}$ の厚さに形成し、その後、第5のフォトマスクP5を用いて電極用の窓79を形成した。その後、さらに、これら全体にアルミニウムを $0.3\mu\text{m}$ の厚みにスパッタ法により形成し第6のフォトマスクP6を用いてリード74およびコンタクト73、75を作製した(図7(B))。後、表面を平坦化用有機樹脂77例えば透光性ポリイミド樹脂を塗布形成し、再度の電極穴あけを第7のフォトマスクP7にておこなった。(図7(C))

【0046】さらに、これら全体にITO(インジウム酸化錫)を $0.1\mu\text{m}$ の厚みにスパッタ法により形成し第8のフォトマスクP8を用いて画素電極71を形成した。このITOは室温 $\sim 150^{\circ}\text{C}$ で成膜し、 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ の酸素または大気中のアニールにより成就した。(図7(D))得られたTFTの電気的な特性はPTFTで移動度は $40(\text{cm}^2/\text{Vs})$ 、 $V_{th}$ は $-5.9(\text{V})$ で、NTFTで移動度は $80(\text{cm}^2/\text{Vs})$ 、 $V_{th}$ は $5.0(\text{V})$ であった。

【0047】上記の様な方法に従って作製された液晶電気光学装置用の一方の基板を得ることが出来た。この液晶表示装置の電極等の配置の様子を図5に示している。Nチャンネル型薄膜トランジスタとPチャンネル型薄膜トランジスタとを第1の信号線3と第2の信号線4のとの交差部に設けられている。このようなC/TFTを用いたマトリクス構成を有せしめた。かかる構造を左右、上下に繰り返すことにより、 $640\times 480$ 、 $1280\times 60$ といった大画素の液晶表示装置とすることができる。本実施例では $1920\times 400$ とした。この様にして第1の基板を得た。

【0048】他方の基板の作製方法を図8に示す。ガラス基板上にポリイミドに黒色顔料を混合したポリイミド樹脂をスピンコート法を用いて $1\mu\text{m}$ の厚みに成膜し、第9のフォトマスクP9を用いてブラックストライプ81を作製した。(図8(A))その後、赤色顔料を混合したポリイミド樹脂をスピンコート法を用いて $1\mu\text{m}$ の厚みに成膜し、第10のフォトマスクP10を用いて赤色フィルター83を作製した。(図8(B))

【0049】同様にしてマスクP11、P12を使用し、緑色フィルター85および青色フィルター86を作製した。これらの作製中各フィルターは $350^{\circ}\text{C}$ にて窒素中で60分の焼成をおこなった。(図8(C))その後、やはりスピンコート法を用いて、レベリング層89を透明ポリイミドを用いて制作した。(図8(D))

【0050】その後、これら全体にITO(インジウム酸化錫)を $0.1\mu\text{m}$ の厚みにスパッタ法により形成し第5のフォトマスクP13を用いて共通電極90を形成した。このITOは室温 $\sim 150^{\circ}\text{C}$ で成膜し、 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ の酸素または大気中のアニールにより成就し、第2の基板を得た。(図8(E))

【0051】前記基板上に、オフセット法を用いて、ポリイミド前駆体を印刷し、非酸化性雰囲気たとえば窒素中に $350^{\circ}\text{C}$ 1時間焼成をおこなった。その後、公知のラビング法を用いて、ポリイミド表面を改質し、少なくとも初期において、液晶分子を一定方向に配向させる手段を設けた。

【0052】その後、前記第一の基板と第二の基板によって、ネマチック液晶組成物を挟持し、周囲をエポキシ性接着剤にて固定した。基板上のリードにTAB形状の駆動ICと共通信号、電位配線を有するPCBを接続し、外側に偏光板を貼り、透過型の液晶電気光学装置を得た。これと冷陰極管を3本配置した後部照明装置、テレビ電波を受信するチューナーを接続し、壁掛けテレビとして完成させた。従来のCRT方式のテレビと比べて、平面形状の装置となったために、壁等に設置することも出来るようになった。この液晶テレビの動作は図1、図2に示したものと、実質的に同等な信号を液晶画素に印加することにより確認された。

【0053】「実施例2」本実施例では、対角1インチを有する液晶電気光学装置を用いた、ビデオカメラ用ビューファインダーを作製し、本発明を実施したので説明を加える。本実施例では、画素数が $387\times 128$ の構成にして、低温プロセスによる高移動度TFTを用いた素子を形成し、ビューファインダーを構成した。本実施例で使用する液晶表示装置の基板上のアクティブ素子の配置の様子を図5に示し図5のA-A'断面およびB-B'断面を示す作製プロセスを図9に描く。

【0054】図9(A)において、安価な、 $700^{\circ}\text{C}$ 以下、例えば約 $600^{\circ}\text{C}$ の熱処理に耐え得るガラス50上にマグネトロンRF(高周波)スパッタ法を用いてプロ

ッキング層としての酸化珪素膜を1000~3000Åの厚さに作製する。プロセス条件は酸素100%雰囲気、成膜温度15℃、出力400~800W、圧力0.5Paとした。ターゲットに石英または単結晶珪素を用いた成膜速度は30~100Å/分であった。

【0055】この上に珪素膜をLPCVD(減圧気相)法、スパッタ法またはプラズマCVD法により形成した。減圧気相法で形成する場合、結晶化温度よりも100~200℃低い450~550℃、例えば530℃でジシラン( $\text{Si}_2\text{H}_6$ )またはトリシラン( $\text{SiH}_4$ )をCVD装置に供給して成膜した。反応炉内圧力は30~300Paとした。成膜速度は50~250Å/分であった。PTFTとNTFTとのスレッショールド電圧( $V_{th}$ )に概略同一に制御するため、ホウ素をジボランを用いて $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の濃度として成膜中に添加してもよい。

【0056】スパッタ法でおこなう場合、スパッタ前の背圧を $1 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ 以下とし、単結晶珪素をターゲットとして、アルゴンに水素を20~80%混入した雰囲気でおこなった。例えばアルゴン20%、水素80%とした。成膜温度は150℃、周波数は13.56MHz、スパッタ出力は400~800W、圧力は0.5Paであった。

【0057】プラズマCVD法により珪素膜を作製する場合、温度は例えば300℃とし、モノシラン( $\text{SiH}_4$ )またはジシラン( $\text{Si}_2\text{H}_6$ )を用いた。これらをPCVD装置内に導入し、13.56MHzの高周波電力を加えて成膜した。上記方法によって、アモルファス状態の珪素膜を500~5000Å、例えば1500Åの厚さに作製した後、450~700℃の温度にて12~70時間非酸化物雰囲気にて中温の加熱処理、例えば水素雰囲気下にて600℃の温度で保持した。

【0058】図9(A)において、珪素膜を第1のフォトマスク①にてフォトリソグラフィを施し、NTFT用の領域13(チャネル巾20μm)を図面のA-A'断面側に、PTFT用の領域22をB-B'断面側に作製した。この上に酸化珪素膜をゲート絶縁膜として500~2000Å例えば1000Åの厚さに形成した。これはブロッキング層としての酸化珪素膜の作製と同一条件とした。この成膜中に弗素を少量添加し、ナトリウムイオンの固定化をさせてもよい。

【0059】この後、この上側にリンが $1 \sim 5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ の濃度に入った珪素膜またはこの珪素膜とこの上にモリブデン(Mo)、タングステン(W)、 $\text{MoSi}_2$ または $\text{WSi}_2$ との多層膜を形成した。これを第2のフォトマスク②にてパターニングして図9(B)を得た。NTFT用のゲート電極9、PTFT用のゲート電極21を形成した。本実施例には、NTFT用チャネル長は10μm、PTFT用チャネル長は7μm、ゲート電極としてリンドープ珪素を0.2μm、その上

にモリブデンを0.3μmの厚さに形成した。

【0060】図9(C)において、PTFT用のソース18ドレイン20に対し、ホウ素を $1 \sim 5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ のドーズ量でイオン注入法により添加した。次に図9(D)の如く、フォトリソグラフィ61をフォトマスク③を用いて形成した。NTFT用のソース10、ドレイン12としてリンを $1 \sim 5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ のドーズ量でイオン注入法により添加した。

【0061】また、ゲート電極材料としてアルミニウム(Al)を用いた場合、これを第2のフォトマスク②にてパターニング後、その表面を陽極酸化することで、セルフアライン工法が適用可能なため、ソース・ドレインのコンタクトホールをよりゲートに近い位置に形成することが出来るため、移動度、スレッショールド電圧の低減からさらにTFETの特性を上げることができる。

【0062】次に、600℃にて10~50時間再び加熱アニールをおこなった。NTFTのソース10、ドレイン12、PTFTのソース18、ドレイン20を不純物を活性化して $\text{P}^+$ 、 $\text{N}^+$ として作製した。またゲート電極21、9下にはチャネル形成領域19、11がセミアモルファス半導体として形成されている。かくすると、セルフアライン方式でありながらも、700℃以上にすべての工程で温度を加えることなくC/TFTを作ることができる。そのため、基板材料として、石英等の高価な基板を用いなくてもよく、本発明の画素の液晶表示装置にきわめて適したプロセスである。

【0063】本実施例では熱アニールは図9(A)、(D)で2回おこなった。しかし図9(A)のアニールは求める特性により省略し、双方を図9(D)のアニールにより兼ね製造時間の短縮を図ってもよい。図9

(E)において、層間絶縁物65を前記したスパッタ法により酸化珪素膜の形成としておこなった。この酸化珪素膜の形成はLPCVD法、光CVD法、常圧CVD法を用いてもよい。例えば0.2~0.6μmの厚さに形成し、その後、フォトマスク④を用いて電極用の窓66を形成した。さらに、図9(F)に示す如くこれら全体にアルミニウムをスパッタ法により形成し、リード71、およびコンタクト72をフォトマスク⑤を用いて作製した後、表面を平坦化用有機樹脂69例えば透光性ポリイミド樹脂を塗布形成し、再度の電極穴あけをフォトマスク⑥にておこなった。

【0064】2つのTFETを相補型構成とし、かつその出力端を液晶装置の一方の画素の電極を透明電極としてそれに連結するため、スパッタ法によりITO(インジウム・スズ酸化膜)を形成した。それをフォトマスク⑦によりエッチングし、電極17を構成させた。このITOは室温~150℃で成膜し、200~400℃の酸素または大気中のアニールにより成就した。かくの如くにしてNTFTとPTFT22と透明導電膜の電極17とを同一ガラス基板50上に作製した。(図9(G))



得られたTFTの電気的な特性はPTFTで移動度は $20(\text{cm}^2/\text{Vs})$ 、 $V_{th}$ は $-5.9(\text{V})$ で、NTFTで移動度は $40(\text{cm}^2/\text{Vs})$ 、 $V_{th}$ は $5.0(\text{V})$ であった。

【0065】上記の様な方法に従って液晶装置用の一方の基板を作製した。この液晶表示装置の電極等の配置の様子を図5に示している。このようなC/TFTを用いたマトリクス構成を有せしめた。次に第二の基板として、青板ガラス上にスパッタ法を用いて、酸化珪素膜を $2000\text{\AA}$ 積層した基板に、やはりスパッタ法によりITO（インジウム・スズ酸化膜）を形成した。このITOは室温 $\sim 150^\circ\text{C}$ で成膜し、 $200\sim 400^\circ\text{C}$ の酸素または大気中のアニールにより成就した。また、この基板上に「実施例1」と同様の手法を用いたカラーフィルターを形成して、第二の基板とした。

【0066】前記基板上に、オフセット法を用いて、ポリイミド前駆体を印刷し、非酸化性雰囲気たとえば窒素中にて $350^\circ\text{C}$ 1時間焼成をおこなった。その後、公知のラビング法を用いて、ポリイミド表面を改質し、少なくとも初期において、液晶分子を一定方向に配向させる手段を設けて第一および第二の基板とした。

【0067】その後、前記第一の基板と第二の基板によって、ネマチック液晶組成物を挟持し、周囲をエポキシ性接着剤にて固定した。基板上のリードはそのピッチが $46\mu\text{m}$ と微細なため、COG法を用いて接続をおこなった。本実施例ではICチップ上に設けた金パンプをエポキシ系の銀パラジウム樹脂で接続し、ICチップと基板間を固着と封止を目的としたエポキシ変成アクリル樹脂にて埋めて固定する方法を用いた。その後、外側に偏光板を貼り、透過型の液晶表示装置を得た。

【0068】実施例1と実質的に同等な駆動方法によりこの液晶表示装置の128階調表示が可能であることを確認した。例えば $384\times 128$ ドットの $49, 152$ 組のTFTを $50\text{mm}$ 角（ $300\text{mm}$ 角基板から36枚の多面取り）に作成した液晶電気光学装置に対し通常のアナログ的な階調表示をおこなった場合、TFTの特性ばらつきが約 $\pm 10\%$ 存在するために、16階調表示が限界であった。しかしながら、本発明によるデジタル階調表示をおこなった場合、TFT素子の特性ばらつきの影響を受けにくいために、128階調表示まで可能になりカラー表示では $2, 097, 152$ 色の多彩であり微妙な色彩の表示が実現できている。

【0069】テレビ映像の様なソフトを映す場合、例えば同一色からなる「岩」でもその微細な窪み等に当たる光の加減から微妙に色合いが異なる。自然の色彩に近い表示をおこなおうとした場合、16階調では困難を要し、これらの微妙な窪みの表現には向かない。本発明による階調表示によって、これらの微細な色調の変化を付けることが可能になった。

【0070】「実施例3」 本実施例では図4に示すよ

うな回路構成を用いた液晶表示装置を用いて、壁掛けテレビを作製したので、その説明をおこなう。またその際のTFTは、レーザーアニールを用いた多結晶珪素とした。以下では、TFT部分の作製方法について図10にしたがって記述する。

【0071】図10(A)において、石英ガラス以外の高価でない $700^\circ\text{C}$ 以下、例えば約 $600^\circ\text{C}$ の熱処理に耐え得るガラス100上にマグネトロンRF（高周波）スパッタ法を用いてブロッキング層101としての酸化珪素膜を $1000\sim 3000\text{\AA}$ の厚さに作製する。プロセス条件は酸素 $100\%$ 雰囲気、成膜温度 $15^\circ\text{C}$ 、出力 $400\sim 800\text{W}$ 、圧力 $0.5\text{Pa}$ とした。ターゲットに石英または単結晶珪素を用いた成膜速度は $30\sim 100\text{\AA}/\text{分}$ であった。

【0072】この上に珪素膜をプラズマCVD法により珪素膜102を作製した。成膜温度は $250^\circ\text{C}\sim 350^\circ\text{C}$ でおこない、本実施例では $320^\circ\text{C}$ とし、モノシラン（ $\text{SiH}_4$ ）を用いた。モノシラン（ $\text{SiH}_4$ ）に限らず、ジシラン（ $\text{Si}_2\text{H}_6$ ）またトリシラン（ $\text{Si}_3\text{H}_8$ ）を用いてもよい。これらをPCVD装置内に $3\text{Pa}$ の圧力で導入し、 $13.56\text{MHz}$ の高周波電力を加えて成膜した。

【0073】この際、高周波電力は $0.02\sim 0.10\text{W}/\text{cm}^2$ が適当であり、本実施例では $0.055\text{W}/\text{cm}^2$ を用いた。また、モノシラン（ $\text{SiH}_4$ ）の流量は $20\text{SCCM}$ とし、その時の成膜速度は約 $120\text{\AA}/\text{分}$ であった。PTFTとNTFTとのスレッショールド電圧（ $V_{th}$ ）を概略同一に制御するため、ホウ素をジボランを用いて $1\times 10^{15}\sim 1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ の濃度として成膜中に添加してもよい。またTFTのチャネル領域となる珪素層の成膜にはこのプラズマCVDだけでなく、スパッタ法、減圧CVD法を用いても良く、以下にその方法を簡単に述べる。

【0074】スパッタ法でおこなう場合、スパッタ前の背圧を $1\times 10^{-5}\text{Pa}$ 以下とし、単結晶珪素をターゲットとして、アルゴンに水素を $20\sim 80\%$ 混入した雰囲気でおこなった。例えばアルゴン $20\%$ 、水素 $80\%$ とした。成膜温度は $150^\circ\text{C}$ 、周波数は $13.56\text{MHz}$ 、スパッタ出力は $400\sim 800\text{W}$ 、圧力は $0.5\text{Pa}$ であった。

【0075】減圧気相法で形成する場合、結晶化温度よりも $100\sim 200^\circ\text{C}$ 低い $450\sim 550^\circ\text{C}$ 、例えば $530^\circ\text{C}$ でジシラン（ $\text{Si}_2\text{H}_6$ ）またはトリシラン（ $\text{Si}_3\text{H}_8$ ）をCVD装置に供給して成膜した。反応炉内圧力は $30\sim 300\text{Pa}$ とした。成膜速度は $50\sim 250\text{\AA}/\text{分}$ であった。PTFTとNTFTとのスレッショールド電圧（ $V_{th}$ ）を概略同一に制御するため、ホウ素をジボランを用いて $1\times 10^{15}\sim 1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ の濃度として成膜中に添加してもよい。

【0076】これらの方法によって形成された被膜は、

酸素が $5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることが好ましい。結晶化を助長させるためには、酸素濃度を $7 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下とすることが望ましいが、少なすぎると、バックライトによりオフ状態のリーク電流が増加してしまうため、この濃度を選択した。この酸素濃度が高いと、結晶化させにくく、レーザーアニール温度を高くまたはレーザーアニール時間を長くしなければならない。水素は $4 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ であり、珪素 $4 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ として比較すると1原子%であった。

【0077】また、ソース、ドレインに対してより結晶化を助長させるため、酸素濃度を $7 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下とし、ピクセル構成するTFTのチャネル形成領域のみに酸素をイオン注入法により $5 \times 10^{20} \sim 5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ となるように添加してもよい。上記方法によって、アモルファス状態の珪素膜を $500 \sim 5000 \text{ \AA}$ 、本実施例では $1000 \text{ \AA}$ の厚さに成膜した。

【0078】その後、フォトリソスト103をマスクP1を用いてNTFTのソース・ドレイン領域となるべき領域のみ開孔したパターンを形成した。そして、レジスト103をマスクとして、リンイオンをイオン注入法により、 $2 \times 10^{14} \sim 5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 、好ましくは $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ だけ、注入し、n型不純物領域104を形成した。(図10(A))その後、レジスト103は除去された。

【0079】同様に、レジスト105を塗布し、マスクP3を用いて、PTFTのソース・ドレイン領域となるべき領域のみ開孔したパターンを形成した。そして、レジスト105をマスクとして、p型の不純物領域を形成した。不純物としては、ホウ素を用い、やはりイオン注入法を用いて、 $2 \times 10^{14} \sim 5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 、好ましくは $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ だけ、不純物を導入した。このようにして、図10(B)を得た。

【0080】その後、珪素膜102上に、厚さ $50 \sim 300 \text{ nm}$ 、例えば、 $100 \text{ nm}$ の酸化珪素被膜107を、上記のRFスパッタ法によって形成した。そして、XeClエキシマレーザーを用いて、ソース・ドレイン・チャネル領域をレーザーアニールによって、結晶化・活性化した。この時のレーザーエネルギーは、閾値エネルギーが $130 \text{ mJ/cm}^2$ で、膜厚全体が溶融するには $220 \text{ mJ/cm}^2$ が必要となる。しかし、最初から $220 \text{ mJ/cm}^2$ 以上のエネルギーを照射すると、膜中に含まれる水素が急激に放出されるために、膜の破壊が起きる。そのために低エネルギーで最初に水素を追い出した後に溶融させる必要がある。本実施例では最初 $150 \text{ mJ/cm}^2$ で水素の追い出しをおこなった後、 $230 \text{ mJ/cm}^2$ で結晶化をおこなった。(図10(C))

【0081】さらに、レーザーアニール終了後は酸化珪

素膜107は取り去った。その後、フォトリソマスクP3によって、アイランド状のNTFT領域111とPTFT領域112を形成した。この上に酸化珪素膜108をゲイト絶縁膜として $500 \sim 2000 \text{ \AA}$ 例えば $1000 \text{ \AA}$ の厚さに形成した。これはブロッキング層としての酸化珪素膜の作製と同一条件とした。この成膜中に弗素を少量添加し、ナトリウムイオンの固定化をさせてもよい。【0082】この後、この上側にリンが $1 \sim 5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ の濃度に入った珪素膜またはこの珪素膜とその上にモリブデン(Mo)、タングステン(W)、 $\text{MoSi}_2$ または $\text{WSi}_2$ との多層膜を形成した。これを第4のフォトリソマスクP4にてパターンニングして図10(D)を得た。NTFT用のゲイト電極109、PTFT用のゲイト電極110を形成した。例えばチャネル長 $7 \mu\text{m}$ 、ゲイト電極としてリンドープ珪素を $0.2 \mu\text{m}$ 、その上にモリブデンを $0.3 \mu\text{m}$ の厚さに形成した。(図10(D))

【0083】また、ゲート電極材料としてアルミニウム(A1)を用いた場合、これを第4のフォトリソマスクP4にてパターンニング後、その表面を陽極酸化することで、セルフライン工法が適用可能なため、ソース・ドレインのコンタクトホールをよりゲートに近い位置に形成することが出来るため、移動度、スレッショールド電圧の低減からさらにTFTの特性を上げることができる。

【0084】かくすると、 $400^\circ\text{C}$ 以上にすべての工程で温度を加えることなくC/TFTを作ることができる。そのため、基板材料として、石英等の高価な基板を用いなくてもよく、本発明の大画面の液晶表示装置にきわめて適したプロセスであるといえる。図10(E)において、層間絶縁物113を前記したスパッタ法により酸化珪素膜の形成としておこなった。この酸化珪素膜の形成はLPCVD法、光CVD法、常圧CVD法を用いてもよい。例えば $0.2 \sim 0.6 \mu\text{m}$ の厚さに形成し、その後、第5のフォトリソマスクP5を用いて電極用の窓117を形成した。

【0085】その後、さらに、これら全体にアルミニウムを $0.3 \mu\text{m}$ の厚みにスパッタ法により形成し第6のフォトリソマスクP6を用いてリード116およびコンタクト114、115を作製した(図10(E))後、表面を平坦化用有機樹脂119、例えば透光性ポリイミド樹脂を塗布形成し、再度の電極穴あけを第7のフォトリソマスクP7にておこなった。さらに、これら全体にITO(インジウム酸化錫)を $0.1 \mu\text{m}$ の厚みにスパッタ法により形成し第8のフォトリソマスクP8を用いて画素電極118を形成した。このITOは室温 $\sim 150^\circ\text{C}$ で成膜し、 $200 \sim 400^\circ\text{C}$ の酸素または大気中のアニールにより成就した。(図10(F))

【0086】得られたTFTの電気的な特性はPTFTで移動度は $35 (\text{cm}^2/\text{Vs})$ 、 $V_{th}$ は $-5.9 (\text{V})$ で、NTFTで移動度は $90 (\text{cm}^2/\text{Vs})$ 、

Vthは4.8(V)であった。上記の様な方法に従って作製された液晶電気光学装置用の一方の基板を得ることが出来た。他方の基板の作製方法は実施例1と同じであるので省略する。その後、前記第一の基板と第二の基板によって、ネマチック液晶組成物を挟持し、周囲をエポキシ性接着剤にて固定した。

【0087】基板上のリードにTAB形状の駆動ICと共通信号、電位配線を有するPCBを接続し、外側に偏光板を貼り、透過型の液晶電気光学装置を得た。これと冷陰極管を3本配置した後部照明装置、テレビ電波を受信するチューナーを接続し、壁掛けテレビとして完成させた。従来のCRT方式のテレビと比べて、平面形状の装置となったために、壁等に設置することも出来るようになった。この液晶テレビの動作は図1、図2に示したものと、実質的に同等な信号を液晶画素に印加することにより確認された。

【0088】

【発明の効果】本発明では、従来のアナログ方式の階調表示に対し、デジタル方式の階調表示をおこなうことを特徴としている。その効果として、例えば640×400ドットの画素数を有する液晶電気光学装置を想定したばあい、合計256,000個のTFTすべての特性をばらつき無く作製することは、非常に困難を有し、現実的には量産性、歩留りを考慮すると、16階調表示が限界と考えられているのに対し、本発明のように、全くアナログ的な信号を加えることなく純粋にデジタル制御のみで階調表示することにより、256階調表示以上の階調表示が可能となった。完全なデジタル表示であるので、TFTの特性ばらつきによる階調の曖昧さは全くなり、したがって、TFTのばらつきが少々あっても、極めて均質な階調表示が可能であった。

【0089】したがって、従来はばらつきの少ないTFTを得るために極めて歩留りが悪かったのに対し、本発明によって、TFTの歩留りがさほど問題とされなくなったため、液晶装置の歩留りは向上し、作製コストも著しく抑えることができた。例えば640×400ドットの256,000組のTFTを300mm角に作成した液晶電気光学装置に対し通常のアナログ的な階調表示をおこなった場合、TFTの特性ばらつきが約±10%存在するために、16階調表示が限界であった。

【0090】しかしながら、本発明によるデジタル階調表示をおこなった場合、TFT素子の特性ばらつきの影響を受けにくいために、256階調表示まで可能になり

カラー表示ではなんと16,777,216色の多彩であり微妙な色彩の表示が実現できている。テレビ映像の様なソフトを映す場合、例えば同一色からなる「岩」でもその微細な窪み等から微妙に色合いが異なる。自然の色彩に近い表示をおこなおうとした場合、16階調では困難を要する。本発明による階調表示によって、これらの微細な色調の変化を付けることが可能になった。

【0091】本発明の実施例では、珪素を用いたTFTを中心に説明を加えたが、ゲルマニウムを用いたTFTも同様に使用できる。とくに、単結晶ゲルマニウムの電子移動度は $3600\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、ホール移動度は $1800\text{ cm}^2/\text{Vs}$ と、単結晶珪素の値(電子移動度で $1350\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、ホール移動度で $480\text{ cm}^2/\text{Vs}$ )の特性を上回っているため、高速動作が要求される本発明を実行する上で極めて優れた材料である。また、ゲルマニウムは非晶質状態から結晶状態へ遷移する温度が珪素に比べて低く、低温プロセスに向いている。また、結晶成長の際の核発生率が小さく、したがって、一般に、多結晶成長させた場合には大きな結晶が得られる。このようにゲルマニウムは珪素と比べても遜色のない特性を有している。

【0092】本発明の技術思想を説明するために、主として液晶を用いた電気光学装置、特に表示装置を例として説明を加えたが、本発明の思想を適用するには、なにも表示装置である必要はなく、いわゆるプロジェクション型テレビやその他の光スイッチ、光シャッターであってもよい。さらに、電気光学材料も液晶に限らず、電界、電圧等の電気的な影響を受けて光学的な特性が変わるものであれば、本発明を適用できることは明らかである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による駆動波形を示す。

【図2】 本発明による駆動波形を示す。

【図3】 本発明による階調表示特性の例を示す。

【図4】 本発明によるマトリクス構成の例を示す。

【図5】 実施例による素子の平面構造を示す。

【図6】 実施例によるTFTのプロセスを示す。

【図7】 実施例によるTFTのプロセスを示す。

【図8】 実施例によるカラーフィルターの工程を示す。

【図9】 実施例によるTFTのプロセスを示す。

【図10】 実施例によるTFTのプロセスを示す。